

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE**  
**CAPULÍ CON CAPACIDAD DE 20 LITROS / H, PARA EL CONAGOPARE-**  
**COTOPAXI**

**AUTORES:**  
**EDWIN MARCELO BORJA RUBIO**  
**ESTEFANÍA PRISCILA PAUCAR MALES**

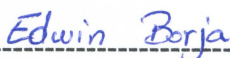
**TUTOR:**  
**MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

**Quito, junio del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Edwin Marcelo Borja Rubio y Estefanía Priscila Paucar Males con documento de identidad N° 1720439148 y 1718323502, respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ CON CAPACIDAD DE 20 LITROS / H, PARA EL CONAGOPARE-COTOPAXI”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera Mecánica e Ingeniero Mecánico en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en forma impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Edwin Marcelo Borja Rubio  
C.I. 1720439148



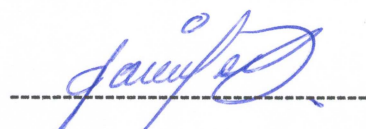
Estefanía Priscila Paucar Males  
C.I. 1718323502

Quito, junio 2019.

### **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Trabajo de Titulación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ CON CAPACIDAD DE 20 LITROS / H, PARA EL CONAGOPARE-COTOPAXI” realizado por Edwin Marcelo Borja Rubio y Estefanía Priscila Paucar Males, obteniendo una máquina que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, junio 2019.



Milton Salomón Jami Lema

C.I. 1707254171

## **DEDICATORIA**

A mis padres por brindarme todo su apoyo, ya que sin la dedicación y esfuerzo de ellos no hubiese logrado alcanzar paso a paso cada objetivo hasta llegar acá, con la bendición de Dios. A mis hermanos, William por ser el ejemplo de responsabilidad para realizar cada trabajo que nos ofrece la vida, a Verito por ser la mujer que nos enseñó que nada es imposible en esta vida sí uno se lo propone y a Javier por demostrar que con constancia y sin dejar de mirar el objetivo se llega a cumplir cada uno de los sueños que uno pueda tener. También a cada una de las personas que han sido parte de mi vida y que han sido un apoyo importante para seguir adelante escalando cada peldaño de este largo camino.

**Edwin**

Antes de agradecer a todas las personas que estuvieron en el transcurso de estos años de estudio quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza, paciencia y sabiduría para llegar a cumplir mis objetivos, A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme, siempre, su cariño y apoyo incondicional inculcándome valores para llegar a ser una mujer de bien. A mi padre, a pesar de la distancia, por la motivación constante, por sus consejos, por su interés en mi superación profesional. A mi hermano mayor, de quien aprendí a levantarme de las caídas y de los momentos difíciles de estudio para poder culminar con éxito toda esta travesía.

En fin, a todos quienes pusieron un granito de arena en esta etapa de mi vida para cumplir mi meta que hoy se cumple... Les doy las gracias por formar parte de ella.

**Estefanía**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Politécnica Salesiana, a sus autoridades y, especialmente, a la Carrera de Ingeniería Mecánica por abrirnos las puertas para formarnos, cada día, con los conocimientos requeridos para llegar a ser profesionales y que con todos sus docentes nos brindaron todos los pilares para seguir, paso a paso, a lo largo de todos los semestres para llegar hasta esta instancia. Al ingeniero Milton Salomón Jami Lema, por brindarnos de la mejor manera todos sus conocimientos y herramientas para culminar con este proyecto de titulación.

**Estefanía y Edwin**

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
GLOSARIO.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1.    Parroquia San José de Poaló.....	1
1.2.    Despulpadoras .....	2
1.2.1.    Tipos de despulpadoras .....	2
a)    Máquina despulpadora horizontal .....	2
b)    Máquina despulpadora vertical .....	2
1.2.2.    Partes principales de la despulpadora .....	3
-    Estructura .....	3
-    Tolva .....	3
-    Tamiz .....	3
-    Bandeja de salida .....	3
-    Eje .....	4
-    Paletas .....	4
-    Motor eléctrico.....	4
1.3.    Pasos para el despulpado de capulí .....	4
1.3.1.    Descripción del Proceso:.....	5
a)    Recolección de capulí .....	5

b)	Selección .....	5
c)	Lavado.....	5
d)	Despulpado.....	5
e)	Refinado .....	5
f)	Almacenamiento .....	5
1.4.	Estudio de campo .....	6
1.4.1.	Capulí.....	6
1.4.2.	Historia del capulí .....	7
1.4.3.	Peso y dimensión del capulí.....	7
1.4.4.	Propiedades químicas del capulí.....	7
1.5.	Aceros inoxidables .....	8
1.5.1.	Clasificación de los aceros inoxidables.....	9
a)	Aceros inoxidables martensíticos.....	9
b)	Aceros inoxidables ferríticos.....	10
c)	Aceros inoxidables Austeníticos .....	10
d)	Aceros inoxidables dúplex .....	10
e)	Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (EP) .....	10
1.5.2.	Acero inoxidable 316 .....	11
a)	Descripción .....	11
b)	Aplicaciones.....	11
1.5.3.	Soldaduras en los aceros inoxidables.....	11
1.6.	Procesos de soldadura.....	12
1.6.1.	Soldadura con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte, (GTAW).....	13
a)	Ventajas.....	14
b)	Desventajas .....	14
1.6.2.	Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW).....	15
CAPÍTULO II .....		17
SELECCIÓN DE ALTERNATIVA .....		17
2.1.	Alternativas de diseño de la máquina.....	17
2.2.	Planteamiento del problema .....	17
2.3.	Parámetros funcionales y parámetros de diseño.....	17

b)	Capacidad.....	18
c)	Facilidad de procesamiento .....	18
d)	Costos de fabricación.....	18
e)	Facilidad de construcción y montaje .....	18
f)	Fácil de operar .....	18
g)	Fácil mantenimiento .....	18
h)	Facilidad de transportación.....	19
i)	Limpieza .....	19
j)	Seguridad.....	19
k)	Disponibilidad de materiales .....	19
2.4.	Estudio de alternativa .....	19
2.4.1	Alternativa 1: Despulpadora horizontal .....	19
a)	Descripción .....	19
b)	Ventajas.....	20
c)	Desventajas .....	20
2.4.2	Alternativa 2: Despulpadora vertical .....	20
a)	Descripción .....	20
b)	Ventajas.....	21
c)	Desventajas .....	21
2.5.	Valor de los parámetros.....	21
2.6.	Matriz de decisión .....	22
2.7.	Justificación de la calificación.....	23
CAPÍTULO III.....		25
DISEÑO DE LA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ.....		25
3.1.	Diseño de elementos.....	25
3.2.	Diseño geométrico de la tolva de alimentación.....	25
3.3.	Diseño del rascador .....	29
3.3.1.	Cálculo de fuerza interna que actúa sobre el rascador .....	29
3.3.2.	Momento de inercia del agitador.....	32
3.3.2.1.	Momento de inercia del soporte de la paleta .....	33
3.3.2.2.	Momento de inercia del rascador.....	36
3.4.	Energía cinética .....	38
3.5.	Potencia de trabajo .....	38



3.5.1.	Potencia de transportación y corte .....	39
3.5.2.	Potencia del agitador .....	39
3.6.	Selección del motor .....	40
3.7.	Dimensionamiento de la transmisión .....	41
3.8.	Dimensionamiento del eje principal .....	43
3.8.1.	Diseño del eje a fatiga .....	48
3.8.2.	Límite de resistencia a la fatiga.....	49
3.9.	Selección de las chumaceras .....	54
3.10.	Diseño del sistema de despulpado .....	56
3.10.1.	Diseño del soporte del rascador.....	56
3.10.2	Diseño a fatiga del soporte del rascador .....	59
3.10.3	Análisis de soldadura en el soporte de rascador.....	62
3.10.4	Diseño del rascador .....	63
3.11.	Diseño de la estructura del bastidor.....	66
3.11.1.	Máxima deflexión que soporta el perfil de la estructura seleccionada .....	71
3.11.2.	Análisis de la soldadura en la estructura .....	72
3.12.	Protocolo de pruebas .....	73
CAPÍTULO IV .....		74
ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ .....		74
4.1.	Costos directos.....	74
4.2.	Costos de elementos normalizados.....	75
4.3.	Costo mano de obra .....	76
4.4.	Costo total directo.....	76
4.5.	Costos indirectos .....	77
4.5.1.	Costos no recuperables.....	77
4.5.2.	Costos de elementos consumibles.....	77
4.6.	Valor total de la máquina .....	78
4.7.	Análisis económico del proyecto.....	78
4.8.	Flujo neto efectivo .....	79
4.9.	Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) .....	80
4.10.	Tasa mínima aceptable de rendimiento (VAN).....	81

4.11. Tasa interna de retorno (TIR) .....	82
4.12. Tiempo de la recuperación de la inversión.....	82
CONCLUSIONES .....	84
RECOMENDACIONES .....	85
REFERENCIAS .....	86
ANEXOS	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Máquina despulpadora horizontal de (150-300) Kg/h.....	2
Figura 2. Despulpadora Vertical. ....	3
Figura 3. Esquema de proceso para el despulpado .....	4
Figura 4. Madurez del capulí antes del proceso. ....	6
Figura 5. Análisis químico del capulí .....	8
Figura 6. Designaciones de los aceros inoxidables .....	9
Figura 7. Estación de soldadura GTAW o TIG.....	13
Figura 8. Proceso de soldadura GTAW o TIG.....	14
Figura 9. Componentes de la soldadura SMAW.....	15
Figura 10. Despulpadora Horizontal. ....	20
Figura 11. Despulpadora Vertical. ....	21
Figura 12. Comparación de parámetros entre las alternativas propuestas. ....	23
Figura 13. Evaluación final entre ambas alternativas. ....	23
Figura 14. Geometría de la tolva de almacenamiento.....	25
Figura 15. Configuración geométrica del rascador. ....	29
Figura 16. Fuerza que actúa sobre el rascador. ....	30
Figura 17. Área ocupada por el capulí. ....	30
Figura 18. Configuración geométrica de las paletas del soporte de la cuchilla. ....	33
Figura 19. Propiedades de los aceros inoxidables.....	34
Figura 20. Dimensiones geométricas de la paleta.....	36
Figura 21. Tabla de selección de motores eléctricos.....	41
Figura 22. Tabla de poleas trapeciales .....	42
Figura 23. Diagrama de cuerpo libre del eje principal.....	44
Figura 24. Diagrama de fuerza cortante y momento flector .....	45
Figura 25. Esfuerzo Von Mises en el eje principal. ....	48
Figura 26. Parámetros para el factor superficial .....	50
Figura 27. Parámetros para el factor de tamaño.....	50
Figura 28. Criterios para el factor de carga.....	51
Figura 29. Criterios para el factor de temperatura .....	51
Figura 30. Criterios para el factor de confiabilidad .....	52
Figura 31. Disposición del eje principal y las chumaceras. ....	54
Figura 32. Vida útil y factor de velocidad para rodamientos de bolas.....	55
Figura 33. Factor de velocidad rodamiento de bolas .....	55

Figura 34. Fuerza que actúa sobre el soporte del rascador. ....	57
Figura 35. Diagrama de momento flector y fuerza cortante. ....	57
Figura 36. Áreas de perfiles estructurales .....	60
Figura 37. Fuerza actuante sobre el rascador. ....	63
Figura 38. Diagrama de momentos y fuerza cortante en las paletas. ....	64
Figura 39. Configuración geométrica del bastidor.....	66
Figura 40. Diagrama de momentos y fuerzas cortantes. ....	68
Figura 41. Dimensiones de perfiles estructurales .....	70
Figura 42. Resultado de desplazamiento de los perfiles por efecto de la carga. ....	71

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición nominal del acero inoxidable AISI 316 .....	11
Tabla 2. Aceros inoxidables y su condición en la soldadura .....	12
Tabla 3. Procesos de soldadura asignados por la AWS .....	12
Tabla 4. Electrodo para la soldadura de algunos aceros inoxidables .....	15
Tabla 5. Valor asignado para calificación de los parámetros.....	21
Tabla 6. Matriz de decisión para selección de alternativa .....	22
Tabla 7. Valores de muestras tomadas .....	27
Tabla 8. Lineamientos para el factor de seguridad .....	47
Tabla 9. Valores obtenidos de pulpa al ser procesada en la despulpadora .....	73
Tabla 10. Detalle del costo de cada material.....	74
Tabla 11. Detalle del costo de materiales eléctricos .....	75
Tabla 12. Costos de elementos normalizados .....	75
Tabla 13. Costo de mano de obra.....	76
Tabla 14. Costo total directo .....	76
Tabla 15. Detalle de los costos no recuperables .....	77
Tabla 16. Detalle de costos de los elementos consumibles.....	78
Tabla 17. Valor total de la máquina .....	78
Tabla 18. Gasto de depreciación .....	79
Tabla 19. Promedio de egresos al mes de capulí .....	79
Tabla 22. Flujo neto de efectivo mensual del capulí.....	80
Tabla 23. Flujo neto de efectivo.....	80
Tabla 24. Índice inflacionario .....	81
Tabla 25. Recuperación de la inversión .....	83

## GLOSARIO

**Tolva:** Dispositivo que se encarga de almacenar el fruto para ser procesado, está diseñado de acuerdo a la capacidad de volumen de producción.

**Tamiz:** Es un cilindro con perforaciones similar a un cernidor, que separa la semilla del fruto permitiendo de esta manera el paso de la pulpa, separando la semilla.

**Paletas:** Son las encargadas de facilitar el despulpado debido a la presión ejercida al fruto contra el tamiz permitiendo obtener la pulpa, a su vez dirige la semilla hacia la salida de la carcasa.

**Eje:** La principal función del eje es generar un movimiento rotacional a los elementos acoplados a este como el bocín y las paletas.

**Estructura:** Soporta todos los elementos mecánicos de la despulpadora, además brinda estabilidad a la máquina.

**Mosto:** Es el zumo que resulta de la extracción de la fruta, sirve para la elaboración de vinos.

**Vida útil:** Es el tiempo de duración que tiene un material que se ha diseñado para realizar una función específica.

## **RESUMEN**

El presente proyecto está basado en el diseño y construcción de una máquina despulpadora de capulí con capacidad de 20 litros / h, destinada a la comunidad de San José de Poaló perteneciente al Consejo Nacional de Gobiernos Parroquiales Rurales del Ecuador - Distrito Cotopaxi, (CONAGOPARE-Cotopaxi). Para ello se realizó un acercamiento que permitió determinar las necesidades que tienen los habitantes de la Parroquia de San José de Poaló, con respecto a la sobre producción de Capulí que presenta a inicios de año. A partir de lo expuesto, mediante una investigación del mercado sobre las máquinas despulpadoras, se llegó a seleccionar la mejor alternativa para el correcto diseño y construcción de la mencionada máquina. En consecuencia, se llegó a construir una despulpadora horizontal, ya que cumple con los requerimientos técnicos y de producción de la Parroquia, a diferencia de la producción que genera una despulpadora vertical.

En otro aspecto, para el dimensionamiento de los elementos que conforman la máquina se tomó en cuenta la capacidad que debe producir por hora; así mismo respecto a los materiales se utilizó en todos los elementos el acero AISI 316, y de manera análoga para la estructura, que está encargada de soportar el peso de los elementos de la despulpadora, se utilizó el acero estructural ASTM A36. Considerando ante todo que el capulí es un producto de consumo humano y se debe seguir normas alimenticias establecidas para fabricar la máquina.

Con la intención de facilitar el diseño y simulación de las partes que conforman dicha máquina se utilizó el software de diseño asistido por computador (CAD) SolidWorks, lo que permitió un correcto manejo del proceso de construcción y validación técnica.

Palabras claves: diseño, capulí, despulpadora, despulpado, capacidad.

## **ABSTRACT**

This Project is based in the design and construction of a machine that removes the capuli's pulp with 20 liters of capacity for the community of San José de Poaló belonging to the National Council of Rural Parochial Governments of Ecuador - Cotopaxi District, (CONAGOPARE-Cotopaxi).

For this, an approach was made that allowed to determine the needs of the inhabitants of the parish of San José de Poaló, with respect to the overproduction of Capuli, which was presented at the beginning of the year. From the above, through a market research on pulping machines, it was possible to select the best alternative for the correct design and construction of the mentioned machine. As a result, a horizontal pulp machine was built, since it meets the technical and production requirements of the parish, unlike the production generated by a vertical pulp machine.

In another aspect, for the dimensioning of the elements that make up the machine, the capacity that must be produced per hour was taken into account; Likewise, with regard to the materials, the AISI 316 steel was used in all the elements, and analogously to the structure, which is responsible for supporting the weight of the elements of the pulper, the structural steel ASTM A36 was used. Considering above all that the capulí is a product for human consumption and it must follow established food standards to manufacture the machine.

With the intention of facilitating the design and simulation of the parts that make up this machine, computer-aided design (CAD) SolidWorks software was used, which allowed a correct management of the construction process and technical validation.  
Keywords: design, capuli, pulp machine, pulp, capacity.

Key words: design, pulper, capulí, pulping, capacity



## INTRODUCCIÓN

En la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia San José de Poaló, en la temporada de enero-abril, los artesanos de la comunidad inician la cosecha de diferentes productos en especial del capulí, encontrando inconvenientes debido a la gran producción y cantidad del fruto. Los pobladores, a partir de esta necesidad buscan un sistema de producción que les permita aprovechar al máximo este período de cosecha, mediante la elaboración de productos como licor, vino y mermeladas, ya que, por lo anteriormente indicado, se produce una pérdida del 60% de dicho fruto.

A partir de lo expuesto se determinó la necesidad de diseñar y construir una máquina que les aporte, sustancialmente, en el proceso para la obtención de la pulpa de capulí, como una alternativa a la recolección del fruto, que será utilizada para aprovechar de mejor manera la cosecha del capulí enfocando la producción a otras alternativas de varios productos.

Así, mediante la investigación se optó para realizar el diseño y construcción de la máquina despulpadora de capulí con capacidad de 20 litros / h, siendo el objetivo conseguir un proceso adecuado y bajo las normas técnicas y alimenticias, para obtener la pulpa de capulí separando la cáscara y la semilla con mayor facilidad.

En suma, agilizando de esta manera el proceso, se pretende brindar una solución efectiva a la comunidad de San José de Poaló y procurando que este fruto presente un menor desperdicio debido a la gran cantidad de producción en su cosecha, beneficiando la diversidad de productos que den dinámica a la economía social de la Parroquia.

El objetivo general consiste en diseñar y construir una máquina despulpadora de capulí de 20 litros / h, para el CONAGOPARE-COTOPAXI.

Los objetivos específicos son:

- Recopilar información sobre la situación actual y necesidades prioritarias sobre la producción y procesamiento del capulí en la comunidad de San José de Poaló para el proyecto.

- Realizar un estudio de alternativas para el diseño y construcción de la máquina despulpadora de capulí mediante una matriz de selección.
- Diseño y construcción de la máquina despulpadora de capulí.
- Evaluar el equipo mediante pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la máquina despulpadora.
- Realizar un análisis de rentabilidad de la máquina despulpadora de capulí.

## **CAPÍTULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1. Parroquia San José de Poaló**

Poaló, fue fundada el 19 de marzo de 1829, como San José de Poaló, incorporándose el 10 de octubre de 1851 a Cotopaxi, constituida el 1 de abril del año antes mencionado [1].

Las limitaciones de la Parroquia de Poaló son: al Norte con el Cantón Saquisilí, al Sur con el Cantón Pujilí, al Este con la vía Saquisilí-Latacunga y al Oeste con la Parroquia Guangaje del Cantón Chantilín [2].

Debido a la altitud y formación vegetal se reciben entre 500 a 1.500 mm de precipitación por año. En la Parroquia, prevalecen las superficies franco arenosas medio profundas, donde existen 3 tipos de zonas ecológicas; la parte baja (2000 - 3000 msnm), donde el regadío está derivado de las acequias que son aprovechadas por las haciendas, así como una cantidad pequeña que proceden de páramos y quebradas, en esta zona encontramos varias hortalizas como (col, lechuga, alfalfa, maíz, entre otras), en esta zona es frecuente encontrar el capulí, hay de diferentes sabores, estos maduran a principio de año. Debido a la gran cantidad de capulí que se produce en esta zona las familias que no poseen terrenos donde cultivar capulí realizan marchas para escalar árboles y conseguir capulíes, ya sea de árboles que se encuentren cerca de la vía o que los propietarios que les permitan tomar cierta cantidad de capulí siempre y cuando cuiden los árboles [3].

La papa, cebada, haba, cebolla de rama se las encuentra en la parte media de la Parroquia (3.000 – 3.400 msnm), en esta parte también podemos encontrar vegetación como los kikuyos, la santa maría, matico, entre otros; mientras que en la parte alta (3.400 – 3.800 msnm), encontramos en poca cantidad la cebolla de rama, haba, papa, debido a que esta zona se encuentra cubierta por el páramo de Maca que comprende más de 1.500 hectáreas [3].

## **1.2. Despulpadoras**

La finalidad de estas máquinas es obtener la pulpa o mosto de la fruta, separando la cáscara y semilla. Mediante una tolva de alimentación por donde ingresa el fruto para pasar a un tamiz, un cilindro con perforaciones (tiene forma de un cernidor), donde se encontraran unas paletas sujetas a un bocín, a su vez este se encuentra acoplado a un eje que mediante el giro de un motor envía las revoluciones necesarias para provocar un giro a una velocidad determinada, el cual produce una fuerza centrífuga que lleva al fruto contra el tamiz provocando una fricción que provoca que se desprenda la cáscara y semilla de la fruta para así lograr que la pulpa pase por los orificios del tamiz y los residuos sean desechados por la parte posterior.

### **1.2.1. Tipos de despulpadoras**

#### **a) Máquina despulpadora horizontal**

Están formadas por un eje, donde están ubicadas las paletas de acero inoxidable o en algunos casos poseen un tornillo sin fin, por lo general estas son utilizadas para una producción según sea requerida para despulpar cualquier tipo de fruta.



Figura 1. Máquina despulpadora horizontal de (150-300) Kg/h [4].

#### **b) Máquina despulpadora vertical**

Estas máquinas las encontramos con más frecuencia en la industria del café, tienen el mismo funcionamiento que una máquina despulpadora horizontal, pero la diferencia que son de baja capacidad.



Figura 2. Despulpadora Vertical [5]

### **1.2.2. Partes principales de la despulpadora**

Todas las partes de la máquina y los accesorios deben estar diseñados y construidos de manera tal que garantice la higiene, permitiendo la facilidad de desinfección e inspección para tener la limpieza adecuada. La actual máquina está constituida de elementos que respalden la eficiencia y el manejo, así como la facilidad de limpieza gracias a sus piezas desmontables.

#### **- Estructura**

Se encarga de soportar todos los elementos mecánicos que componen la máquina despulpadora de frutos. Además, el objetivo principal es la de brindar estabilidad y firmeza al componente, para que esta pueda trabajar de manera eficiente.

#### **- Tolva**

La tolva se encarga de almacenar el fruto para ser dosificado hacia el tambor despulpador, está diseñado de acuerdo a la capacidad y volumen de producción.

#### **- Tamiz**

El tamiz es un cilindro con perforaciones similar a un cernidor, que separa la semilla del fruto permitiendo de esta manera el paso de la pulpa hacia la bandeja de salida y la semilla es trasladada hacia la salida de la carcasa.

#### **- Bandeja de salida**

Es la encargada en enviar la pulpa que pasa por el tamiz para luego ser recolectada en un contenedor.

- **Eje**

La principal función del eje es generar un movimiento rotacional a los elementos acoplados a este como el bocín y las paletas.

- **Paletas**

Son las encargadas de facilitar el despulpado debido a la presión ejercida al fruto contra el tamiz permitiendo obtener la pulpa, a su vez dirige la semilla hacia la salida de la carcasa.

- **Motor eléctrico**

El motor permite convertir la energía eléctrica en energía mecánica generando el movimiento al eje, se necesita utilizar un motor que cumpla con la potencia requerida y la velocidad angular deseada, la cual se puede reducir mediante el uso de poleas.

### 1.3. Pasos para el despulpado de capulí

Las frutas están compuestas de cáscaras, pepas o semillas y la pulpa que viene siendo la última capa la cual es el alimento más importante que requiere obtener el ser humano. El despulpado consiste en retirar la semilla y obteniendo solo la pulpa. En la siguiente Figura, se encuentra el esquema del proceso para despulpar el capulí:

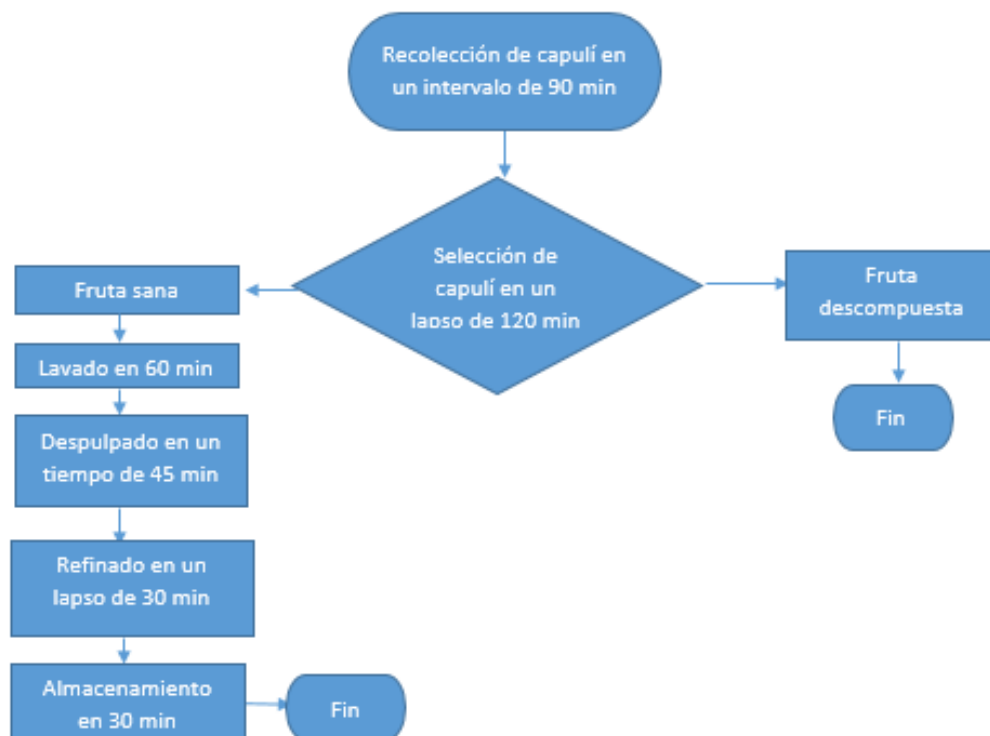


Figura 3. Esquema de proceso para el despulpado

### **1.3.1. Descripción del Proceso:**

#### **a) Recolección de capulí**

Se procede a cosechar los capulíes de cada árbol se estima que se puede llegar a obtener 30 libras del fruto que vendría hacer entre 8-10 cajones tomando un tiempo aproximado de 2 horas.

#### **b) Selección**

En este paso se procede a verificar el fruto que se encuentre en buen estado y con sus propiedades respectivas y que no se encuentren descompuestos para tener un despulpado con las normas de higiene necesarias ya que es de consumo humano, se estima que este paso toma un tiempo de 2 horas.

#### **c) Lavado**

Se busca desinfectar la fruta de toda contaminación que pueda existir en la cáscara para evitar cualquier infección al ser humano, se estima un tiempo de 1 hora para el lavado.

#### **d) Despulpado**

La fruta es ingresada por la tolva para empezar a procesarse con ayuda de las paletas y el tamiz, separando de esta manera la semilla y obteniendo la pulpa. Esta se recoge en recipientes o baldes, estimando que este paso dure 1 hora.

#### **e) Refinado**

A continuación, se procede a filtrar la pulpa por unos cernidores, que ayudarán a extraer cualquier residuo o impureza que se haya obtenido en el despulpado, en media hora.

#### **f) Almacenamiento**

El almacenamiento dependerá del proceso destinado en el que se utilizará la pulpa, los envases a ser utilizados dependerán mucho para este proceso, se estima almacenar el producto en una media hora.

## **1.4. Estudio de campo**

### **1.4.1. Capulí**

El capulí, *Prunus serotina*, es una especie de árbol nativa de Norteamérica, sin embargo, también es frecuente en los países de Ecuador, México y Perú, donde su fruto es comestible. [6], [7].

El capulí al tener un gran sabor, se lo utiliza en varios platos gastronómicos, se puede disfrutar solo o en conservas, mermeladas, bebidas tanto alcohólicas como refrescos. Con el capulí se elabora el tradicional dulce conocido como “Jucho” que está compuesto de frutos como el capulí, durazno y la manzana, este postre se lo degusta en la semana santa luego del tradicional plato de fanesca [8].

Esta fruta a más de ser un gran alimento, contiene proteínas, vitaminas, minerales e hidratos de carbono [9].

Es un árbol que alcanza hasta los 20 metros de altura [10], tiene un diámetro de hasta 1.2 metros, sus hojas son anchas en forma ovoide entre 5-16 cm de largo y entre 2-5 cm de ancho, con un color verde oscuro y brillante. El fruto es color negro rojizo, con un diámetro de 12-20 mm, posee sabor agri dulce, su semilla es esférica y posee un sabor amargo [11]. En nuestro país se cultiva esta fruta en la región interandina de manera dispersa, encontrando la mayor parte de producción de capulí en Tungurahua. En el Ecuador, no existen cultivos extensivos, pero se encuentran plantas dispersas en todas las provincias de la sierra ecuatoriana; cabe resaltar que la Provincia de Tungurahua es la que más producción posee [8].



Figura 4. Madurez del capulí antes del proceso [12]



#### **1.4.2. Historia del capulí**

Aproximadamente, 50 especies encontramos en América. El estudio de este fruto se inició desde las sociedades nativas (época de los Incas), particularmente en la zona andina como Perú y Colombia, siendo el capulí muy importante, encontrándose en los jardines de los emperadores incas, además se cultivaba en su valle sagrado [13].

El capulí es una fruta americana, que, a mediados del siglo XVIII, comenzó a cultivarse en Europa [14].

Tanto el capulí como las hojas, antes de la conquista de los españoles, se ha usado como alimento y soluciones medicinales, debido a que contiene antioxidantes, antihipertensivas y antimicrobianas [15], sus hojas ayudan en tratamientos como la hipertensión, bronquitis, tos y trastornos gastrointestinales. Sus frutos ayudan a controlar la diarrea y la tos [16], [17].

Estos compuestos se ven afectados por factores tales como las condiciones ambientales, la madurez en la cosecha y como se lo tenga almacenado después de la cosecha [18].

#### **1.4.3. Peso y dimensión del capulí**

El fruto maduro tiene un color negro, es jugosa y un sabor agridulce, después de realizar una evaluación al fruto se ha obtenido que su tamaño está entre 1 cm hasta 2.5 cm de diámetro.

#### **1.4.4. Propiedades químicas del capulí.**

Para obtener las propiedades del capulí, realizamos pruebas en el Laboratorio de Alimentos de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador obteniendo los siguientes porcentajes:

1.55% de proteína, 76.09% de humedad, 1.48% de grasa, 0.88% de cenizas, 20% de carbohidratos, 8.61% de azúcares totales, 0.62% de acidez (ácido cítrico) y 19% de sólidos solubles a 20° C.

A continuación, en la Figura 5, se indica los valores que se obtienen de las pruebas:



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

LABORATORIO DE ALIMENTOS  
INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. ALI- 27069  
ORDEN DE TRABAJO No 60679

MUESTRA DE:	FRUTA DE CAPULI
DESCRIPCIÓN:	FRUTA DE CAPULI
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	----
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	18/02/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	10:30
FECHA DE ANÁLISIS:	19-28/02/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	06/03/2019
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	SOLIDO
Contenido: 250 g	
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Proteína (factor 6.25)	%	1.55	MAL-04/ AOAC 981.10
Humedad	%	76.09	MAL-13/ AOAC 925.10
Grasa	%	1.48	MAL-03/ AOAC 991.36
Cenizas	%	0.88	MAL-02/ AOAC 923.03
Carbohidratos	%	20.00	Cálculo
Azúcares Totales	%	8.61	MAL-53/ PEARSON
Acidez (ácido cítrico)	%	0.62	MAL-01/AOAC 947.05
Sólidos Solubles a 20°C	%	19.00	MAL – 51/AOAC 932.14C



Dr. Geovany Garófalo  
JEFE AREA DE ALIMENTOS

RAL-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: [www.facuquimce.edu.ec](http://www.facuquimce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)

Figura 5. Análisis químico del capulí

### 1.5. Aceros inoxidables

Estos aceros se eligen por poseer una alta resistencia a la corrosión, su principal característica es que poseen un 11% o más de Cr, formando de esta manera una capa delgada y preventiva de óxido de cromo cuando este se expone con el oxígeno, además el cromo es un elemento estabilizador de la ferrita [19]. Si posee cantidades superiores al 20% de Cr, se obtiene una buena resistencia a la oxidación a alta temperatura (acero refractario) [20].

Mientras el acero tenga más porcentaje de cromo, este tiene una mayor resistencia a la corrosión [21].

La Figura 6 proporciona designaciones para los aceros inoxidable más frecuentes, según las cuatro categorías existentes:

Composición (% en peso) <sup>a</sup>									
Tipo	Número UNS	C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	Cu	Al
<i>Austeníticos</i>									
201 <sup>b</sup>	S20100	0.15	5.5-7.5	1.00	16.0-18.0	3.5-5.5			
304	S30400	0.08	2.00	1.00	18.0-20.0	8.0-10.5			
310	S31000	0.25	2.00	1.50	24.0-26.0	19.0-22.0			
316	S31600	0.08	2.00	1.00	16.0-18.0	10.0-14.0	2.0-3.0		
347 <sup>c</sup>	S34700	0.08	2.00	1.00	17.0-19.0	9.0-13.0			
<i>Ferríticos</i>									
405	S40500	0.08	1.00	1.00	11.5-14.5				0.10-0.30
430	S43000	0.12	1.00	1.00	16.0-18.0				
<i>Martensíticos</i>									
410	S41000	0.15	1.00	1.00	11.5-13.0				
501	S50100	0.10 min	1.00	1.00	4.0-6.0		0.40-0.65		
<i>Endurecibles por precipitación</i>									
17-4 PH <sup>d</sup>	S17400	0.07	1.00	1.00	15.5-17.5	3.0-5.0		3.0-5.0	
17-7 PH	S17700	0.09	1.00	1.00	16.0-18.0	6.5-7.75			0.75-1.5

Fuente: Datos de *Metals Handbook*, 9th ed., Vol. 3, American Society for Metals, Metals Park, OH, 1980.

<sup>a</sup> Los valores aislados hacen referencia a valores máximos, a menos que se indique otra cosa.

<sup>b</sup> 0.25 por ciento en peso de N.

<sup>c</sup> 10 × % C = min. Nb + Ta (opcional).

<sup>d</sup> 0.15-0.45 por ciento en peso Nb + Ta.

Figura 6. Designaciones de los aceros inoxidable [20]

### 1.5.1. Clasificación de los aceros inoxidable

Los aceros inoxidable se dividen en las siguientes categorías:

Austeníticos, Martensíticos, Ferríticos, dúplex y endurecidos por precipitación. Los aceros martensíticos son duros y frágiles, los ferríticos son blandos y dúctiles; mientras que los austeníticos son de alta resistencia a la tensión, al impacto y a su vez son dúctiles [21].

#### a) Aceros inoxidable martensíticos

Aceros magnéticos, se caracterizan por poseer entre 11.5-18% de Cr. En este grupo podemos encontrar aceros AISI 410, 416, 420, 431, 501 y 502. Al soldarse estos aceros pueden provocar tensiones por lo que se producen grietas, sino se toma las debidas moderaciones. Estos aceros no poseen una buena resistencia a la corrosión, para

brindar una mejor resistencia se recomienda antes de ser soldadas calentar la pieza a una temperatura entre 300 y 350°C, para después ser revenidas entre 600 a 700°C [22].

#### **b) Aceros inoxidables ferríticos**

De igual manera son magnéticos, se caracterizan por su porcentaje de cromo entre 17 a 27%. Podemos encontrar los AISI 405, 430, 442, 446. Los aceros ferríticos son endurecidos mediante trabajo en frío. Mediante el recocido estos aceros alcanzan su mayor ductilidad y resistencia a la corrosión. En aceros con elevado porcentaje de cromo puede existir la fase sigma (dura y frágil) cuando estos se mantienen en temperaturas a 470°C por un largo tiempo. Mientras que para la soldadura resultan inapropiados ya que presentan crecimiento de grano [22].

#### **c) Aceros inoxidables Austeníticos**

Aceros al cromo níquel (tipo 3xx) y al cromo níquel manganeso (2xx). No son magnéticos cuando son recocidos, mientras que no endurecen en tratamiento térmico. Su contenido entre níquel y cromo mínimo es de 23%, no presentan problemas al trabajo en caliente o frío. Poseen una alta resistencia al impacto, así como son los mejores aceros inoxidables en cuanto a resistir elevadas temperaturas y a la formación de escamas. De igual manera son los aceros con mejor resistencia a la corrosión. Al soldarse se debe realizar con el menor calor posible y sin precalentarlos para evitar la precipitación de carburos alrededor del cordón de soldadura [22].

#### **d) Aceros inoxidables dúplex**

Este acero se obtiene medio un tratamiento térmico y una inspección adecuada, obteniendo como resultado alrededor de 50% de austenita y 50% de ferrita. Lo cual proporciona resistencia a la corrosión, así como capacidad de soldadura y conformación que es difícil de obtener en los demás aceros inoxidables [19].

#### **e) Aceros inoxidables endurecidos por precipitación (EP)**

Son aquellos que poseen Aluminio (Al), niobio (Nb) o tántalo (Ta) y sus propiedades se obtienen debido a los endurecimientos por: solución sólida, deformación, envejecimiento y la reacción martensítica [19].

### 1.5.2. Acero inoxidable 316

#### a) Descripción

Es un acero austenítico, posee cromo, níquel y molibdeno. Esto proporciona una mayor resistencia a la corrosión, resistente a picaduras de iones de cloruro, además proporciona una resistencia a temperaturas altas. A diferencia del acero AISI 304 esta es más sólida a temperaturas elevadas. La resistencia a la corrosión es mejor en ácidos como: sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), etanoico ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ), metanoico ( $\text{CH}_2\text{O}_2$ ), tártrico ( $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ ) [23].

El acero 316L pertenece al 316 solo que posee un porcentaje de carbón más bajo, esto ayuda a disminuir la precipitación de carburos durante que es soldado [23].

La cantidad que posee de molibdeno el acero 316 es en un 2% o 3% más que los otros aceros. A mayor porcentaje de molibdeno que presente este acero, será más resistente a la corrosión [24].

A continuación, en la Tabla 1 se muestra la composición química de dicho acero:

Tabla 1: Composición nominal del acero inoxidable AISI 316 [25]

COMPOSICIÓN NOMINAL (%)							
C (máx.)	Mn (máx.)	Si (máx.)	Cr	Ni	Mo	P (máx.)	S (máx.)
0.08	2	1	16 - 18	10 - 14	2 - 4	0.045	0.03

La condición de este acero para la soldadura es buena, pero se recomienda que luego del proceso de soldado se realice un recocido con el fin de que su resistencia a la corrosión es mayor [26].

#### b) Aplicaciones

Es utilizado en la industria donde se procesan químicos, en ambientes salinos donde las sales descongelantes son comunes, equipos de almacenamiento, equipos de refinería, como en instrumentos quirúrgicos debido a sus características no reactivas [24]. También es utilizado en la industria celulosa, textiles, ejes de hélices, etc. [26].

### 1.5.3. Soldaduras en los aceros inoxidables

Estos aceros reaccionan de una forma especial a la temperatura, si es aplicado demasiado calor al momento de soldar se pueden deformarse a medida que se van

enfriando [27]. En la Tabla 2 podemos observar algunos aceros inoxidable con sus condiciones en la soldadura:

Tabla 2. Aceros inoxidables y su condición en la soldadura [27]

<b>Aceros al cromo níquel-no templables</b>		
<b>AISI</b>	<b>Tipo</b>	<b>Propiedades de la soldadura</b>
304	Austenítica	Buena y posee una soldadura tenaz
316	Austenítica	Excelentes y posee una soldadura tenaz
<b>Aceros al cromo-no templables</b>		
430	Ferrítica	Su soldadura es regular y no dúctil.
<b>Aceros al cromo-templables</b>		
410	Martensítica	Es regular. Se debe precalentar el acero entre 200-600°C. El recocido debe ser posterior a los 675°C.

### 1.6. Procesos de soldadura

Se puede utilizar los procesos conocidos y que son tradicionales, especialmente con arco eléctrico, por medio de electrodos consumibles tenemos los procesos como la SMAW, GMAW, SAW y FCAW; mientras los de electrodos no consumibles los procesos conocidos son: PAW y GTAW [27].

En la Tabla 3 podemos observar el significado de cada proceso de soldadura que ha sido puesto por la American Welding Society (AWS):

Tabla 3. Procesos de soldadura asignados por la AWS [28]

<b>SMAW</b>	Shielded Manual Arc Welding; Soldadura Manual de Arco.
<b>SAW</b>	Sumerged Arc Welding; Soldadura de Arco Sumergido.
<b>FCAW</b>	Flux Cored Arc Welding; Soldadura de Arco Fundente en el Núcleo.
<b>GTAW</b>	Gas Tungsten Arc Welding; Soldadura con Electrodo de Tungsteno Protegida con Gas.
<b>PAW</b>	Plasma Arc Welding; Soldadura por Arco de Plasma.
<b>GMAW</b>	Gas Metal Arc Welding; Soldadura a gas y de arco metálico

En estos aceros no se recomienda usar soldadura oxiacetilénica debido a que se produce un acabado deficiente debido al óxido de cromo [27].

### 1.6.1. Soldadura con electrodo de tungsteno protegido por gas inerte, (GTAW).

También conocida como TIG (Tungsten inert gas), se la realiza mediante el uso de electrodos de tungsteno que es colocada en una boquilla, se puede utilizar dos tipos de gases inertes o activos los cuales son: dióxido de carbono, helio, argón o a su vez la combinación de diferentes gases; estos gases se abastecen a baja presión, que ayuda a cercar el arco y el metal protegiendo la atmósfera. Con este método alcanzamos soldaduras homogéneas con un excelente acabado [28].

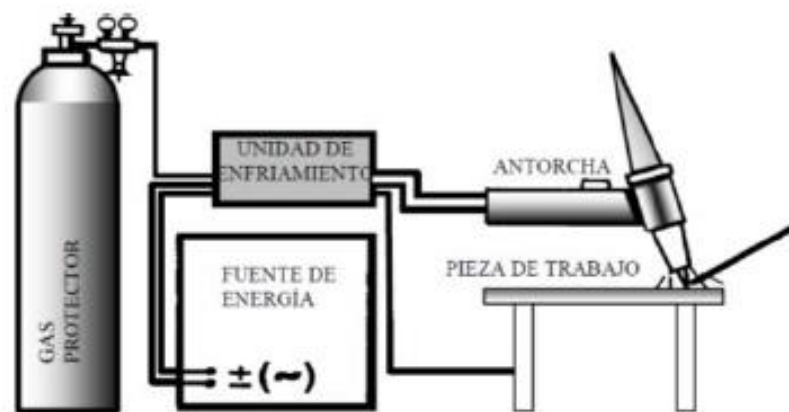


Figura 7. Estación de soldadura GTAW o TIG [28]

Este proceso garantiza una soldadura de calidad en los aceros, facilita la soldadura permitiendo soldar en aceros que presentan espesores finos. Este tipo de soldadura proporciona una excelente resistencia a la corrosión y son más dúctiles [29].

Es ideal para las industrias siguientes: petrolera, petroquímicas, alimenticia, aeroespacial, nuclear y generación de energía [30].

En la Figura 8 se puede observar la descripción del proceso de soldadura GTAW o TIG.

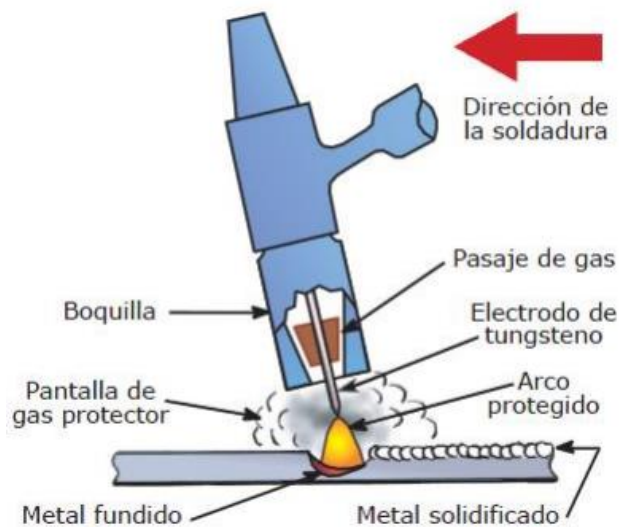


Figura 8. Proceso de soldadura GTAW o TIG [30].

#### a) **Ventajas**

- Es ideal para soldar la mayoría de los aceros.
- Presenta un arco protegido constante y concentrado.
- Se ha logrado realizar automatizaciones cuando se requiere realizar trabajos en serie como en la unión entre placas y tubos de intercambiadores de calor.
- No produce desechos.
- Su soldadura es regular y llanas.
- No es obligatorio usar un metal de aporte.
- Permite soldar en cualquier posición o unión que se requiera soldar.
- Velocidades altas en espesores entre 3 y 4 mm.
- La soldadura es de gran calidad.
- Las fuentes de energía empleadas no son costosas.

#### b) **Desventajas**

- Se necesita tener una experiencia alta por el soldador al ser una aplicación manual.
- Para espesores mayores a 10 mm el proceso resulta costoso.
- Si existen corrientes de aire la soldadura puede ser deficiente al no conseguir la protección adecuada.



### 1.6.2. Soldadura por arco eléctrico con electrodo manual revestido (SMAW)

Depende del gas que sea inyectado: MIG (metal inert gas) o MAG (metal active gas), esta se consigue con la ayuda de un electrodo metálico que al hacer contacto con el material a soldar genera un arco eléctrico. Este electrodo posee un revestimiento formado por varios compuestos químicos el cual se descompone generando una atmósfera protectora brindando la protección requerida para la soldadura [28].

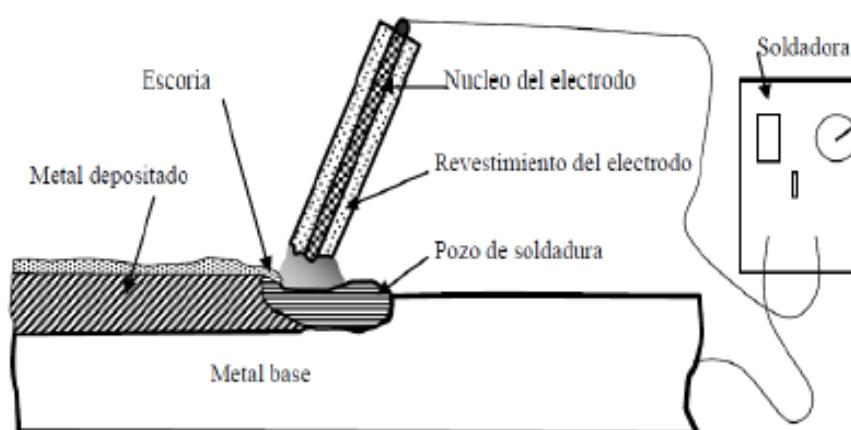


Figura 9. Componentes de la soldadura SMAW [28].

En la Tabla 4 podemos observar los electrodos recomendados para la soldadura de algunos materiales inoxidables:

Tabla 4. Electrodos para la soldadura de algunos aceros inoxidables [27]

Metal base	Electrodo recubierto AWS o nombre común	Electrodo desnudo y varilla-AWS o nombre común
<b>AISI (UNS)</b>	<b>AWS A5.4 (UNS)</b>	<b>AWS A 5.9 (UNS)</b>
304 (S30400)	E308 (W30810)	ER308 (S30880)
304L (S30400)	E308L (W30813)	ER308L (S30883)
316 (S31600)	E308 (W31610)	ER308 (S31680)
316L (S30400)	E316L (W31613)	E316L (W31613)

Los electrodos al igual que los aceros inoxidables tienen una designación similar, existen de la serie 300, 400 y 500 cada uno con características que son utilizados para soldar los diferentes aceros inoxidables que existen en el mercado [28].

## **CAPÍTULO II**

### **SELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

#### **2.1. Alternativas de diseño de la máquina**

Para la selección de alternativa de diseño de la máquina despulpadora de capulí analizaremos entre los dos tipos de despulpadoras más conocidas en el mercado, se asignan diez parámetros, a los cuales se concederá una calificación de 1 a 10 para escoger la mejor alternativa para el diseño y construcción de la máquina.

#### **2.2. Planteamiento del problema**

En la Parroquia de San José de Poaló, ubicada en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, en la temporada de enero-abril, los artesanos de la comunidad empiezan la cosecha del capulí obteniendo, anualmente, un aproximado de 1.5000 Kg de fruta, encontrándose con un inconveniente debido a la gran cantidad que se colecta de dicho fruto, los pobladores, utilizan el 40% del fruto de capulí comercializando en los mercados nacionales y han buscado un sistema de producción para aprovechar al máximo este período mediante la elaboración de productos como licor, vino y mermeladas, ya que por lo, anteriormente, indicado se produce una pérdida del 60% de dicho fruto.

Razón por la cual se ve la necesidad de realizar una máquina despulpadora para obtener mosto de capulí, producto que será utilizado para la fabricación del vino.

#### **2.3. Parámetros funcionales y parámetros de diseño**

El diseño debe cumplir con las expectativas de funcionamiento y operatividad, para satisfacer con las necesidades de la Parroquia al utilizar la máquina despulpadora, tomaremos en cuenta los siguientes puntos:

- Capacidad.
- Facilidad de procesamiento.
- Costos de fabricación.
- Facilidad de construcción y montaje
- Fácil de operar
- Fácil mantenimiento
- Facilidad de transportación

- Limpieza
- Seguridad

**a) Disponibilidad de materiales:**

Los diseños de las partes de la máquina serán fabricados con materia prima existente en el país.

**b) Capacidad**

La máquina despulpadora de capulí debe tener una capacidad mínima de procesamiento de 20 litros/h.

**c) Facilidad de procesamiento**

La despulpadora debe tener un trabajo adecuado al realizar el despulpado de capulí y esta tiene que efectuarse en el menor tiempo posible.

**d) Costos de fabricación**

El costo de fabricación debe ser el más rentable y no sobrepasar el presupuesto estimado, teniendo en cuenta de no descuidar la calidad de construcción de la máquina.

**e) Facilidad de construcción y montaje**

La máquina despulpadora debe ser de fácil construcción ya que todas sus partes se las puede fabricar sin ningún problema en un taller, el montaje de la máquina no necesita de personal altamente calificado por lo que disminuye el costo, se debe tener en cuenta que no debe afectar el rendimiento de la máquina.

**f) Fácil de operar**

La máquina debe tener la disponibilidad de ser utilizada con pocas indicaciones, ya que será puesta en marcha por cualquier persona de la parroquia de Poaló, así que no debe presentar ninguna dificultad al momento de su actividad.

**g) Fácil mantenimiento**

La ventaja que presente la despulpadora para su mantenimiento no tiene que ser compleja, para que no se necesite de un técnico especializado para realizarlo.

#### **h) Facilidad de transportación**

La máquina debe tener un aspecto adecuado en sus dimensiones para poder movilizarla de un lado a otro, si la parroquia lo piense necesario, por lo que debe brindar una buena comodidad, así como un peso moderado para transportar de un punto a otro.

#### **i) Limpieza**

Este punto es fundamental en la máquina despulpadora, ya que se necesita realizar una limpieza después de cada uso para que esta no se deteriore, brindando así una larga vida. La manera de que se efectuó el proceso de limpieza deber ser rápida para evitar pérdida de tiempo en la actividad del despulpado.

#### **j) Seguridad**

La despulpadora al ser usado por personal no especializado debe presentar una alta seguridad para garantizar el bienestar de todas las personas que estén en contacto con el uso de la máquina.

#### **k) Disponibilidad de materiales**

Al ser una máquina de procesamiento de alimentos esta debe garantizar la higiene para precautelar que la pulpa de capulí no se contamine en el proceso de despulpado, por lo que los materiales deben ser específicamente para la industria alimenticia, tener gran disponibilidad en el mercado para no tener la necesidad de importar algún material.

### **2.4. Estudio de alternativa**

Se propone 2 alternativas para la selección de diseño la despulpadora horizontal y vertical, la cual en la siguiente tabla procederemos a dar una calificación para indicar la opción más adecuada para nuestro diseño y construcción de la máquina despulpadora de capulí:

#### **2.4.1 Alternativa 1: Despulpadora horizontal**

##### **a) Descripción**

Este tipo de máquina dispone de una tolva de alimentación para el ingreso de la fruta, un eje, donde están ubicadas las paletas de acero inoxidable o en algunos casos poseen un tornillo sin fin, por lo general estas son utilizadas para una producción según sea requerida para despulpar cualquier tipo de fruta.



Figura 10. Despulpadora Horizontal [5].

**b) Ventajas**

- Permite el aprovechamiento de la fruta en un mayor porcentaje con muy poco desperdicio.
- Poseen paletas regulables
- El tamiz puede ser removible para usarlo con diferentes frutas.
- Es de fácil limpieza y mantenimiento.
- El sistema de suministro de la fruta hacia la despulpadora consigue ser constante debido a que no se acumula la cáscara y la pepa.

**c) Desventajas**

- El tamiz en donde se realiza el despulpado tiene que ser de mayor longitud para evitar que no se acumule la fruta.
- Al aumentar la longitud del tamiz aumenta el material esto quiere decir que aumentara el costo y el peso de la máquina.

**2.4.2 Alternativa 2: Despulpadora vertical**

**a) Descripción**

Estas máquinas utilizan con mayor frecuencia la industria del café, tienen el mismo funcionamiento que una máquina despulpadora horizontal, pero la diferencia es que son de baja capacidad.



Figura 11. Despulpadora Vertical [5].

**b) Ventajas**

- Tiene un diseño compacto y duradero.
- Ocupa un área reducida a diferencia de la despulpadora horizontal.

**c) Desventajas**

- Tiene una limitación en su capacidad, ya que solo puede ingresar una cierta cantidad de fruta al tamiz.
- En algunos casos para extraer los desperdicios la máquina tiene que ser apagada perdiendo de esta manera tiempo en el proceso.
- Se la utiliza para frutas en específico debido a que su tamiz no puede removerse.

**2.5. Valor de los parámetros**

Como se mencionó al comienzo se dará un valor para calificar a los parámetros de 1 a 10, a continuación, la siguiente Tabla indica cómo están distribuidos dichos valores:

Tabla 5. Valor asignado para calificación de los parámetros

Valor	Descripción
1-2	Inaceptable
3-5	Regular
6-8	Bueno
9-10	Excelente

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

## 2.6. Matriz de decisión

A continuación, en la tabla se presenta las calificaciones otorgadas a cada alternativa para ver cuál será la mejor opción para su debido diseño y construcción.

Tabla 6. Matriz de decisión para selección de alternativa

<b>Parámetro</b>	<b>Despulpadora Horizontal Alternativa 1</b>	<b>Despulpadora Vertical Alternativa 2</b>
<b>Capacidad</b>	9	7
<b>Facilidad de procesamiento</b>	8	7
<b>Costos de fabricación</b>	6	7
<b>Facilidad de construcción y montaje</b>	7	6
<b>Fácil de operar</b>	9	9
<b>Fácil mantenimiento</b>	8	7
<b>Facilidad de transportación</b>	7	8
<b>Limpieza</b>	8	8
<b>Seguridad</b>	9	9
<b>Disponibilidad de materiales</b>	9	9
<b>Total</b>	80	77

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Como se puede observar en la Figura 12, la mejor alternativa es la máquina despulpadora horizontal debido a que básicamente trabaja con un cilindro completamente uniforme horizontal para separar la cáscara y la pepa de la fruta y proporcionar mayor capacidad de producción al realizar el despulpado.



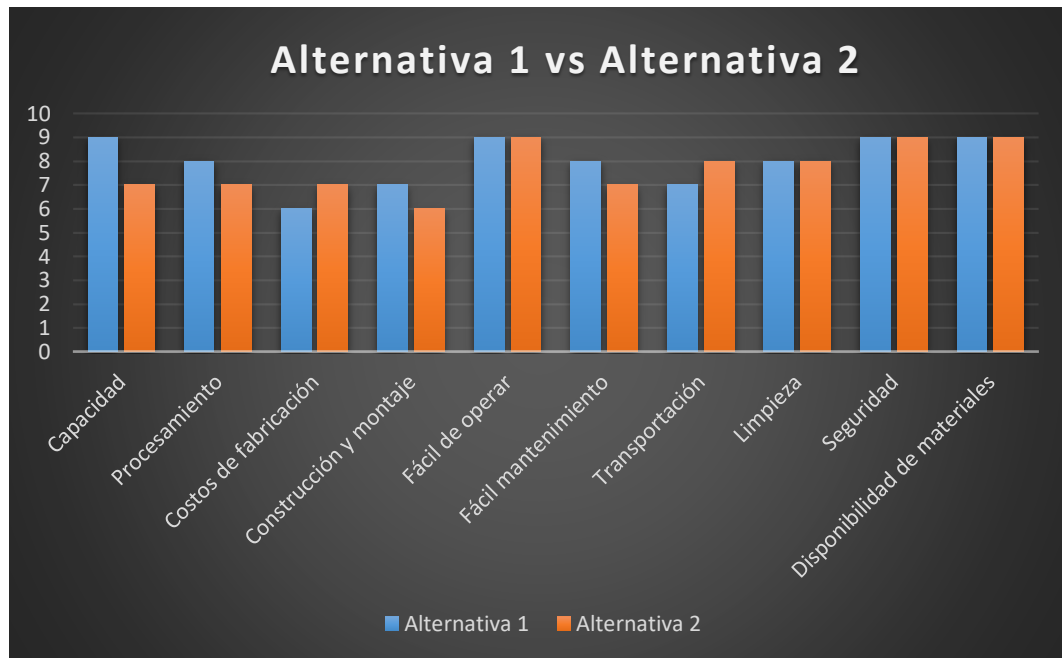


Figura 12. Comparación de parámetros entre las alternativas propuestas. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para la selección de la máquina a diseñar se considera los parámetros enunciados, otorgando a cada una un valor estimado para tomar la mejor decisión, de esta manera se realiza el diseño y construcción de la máquina. En la Figura 13 se observa que la máquina despulpadora horizontal es la mejor alternativa al tener una calificación de 80.

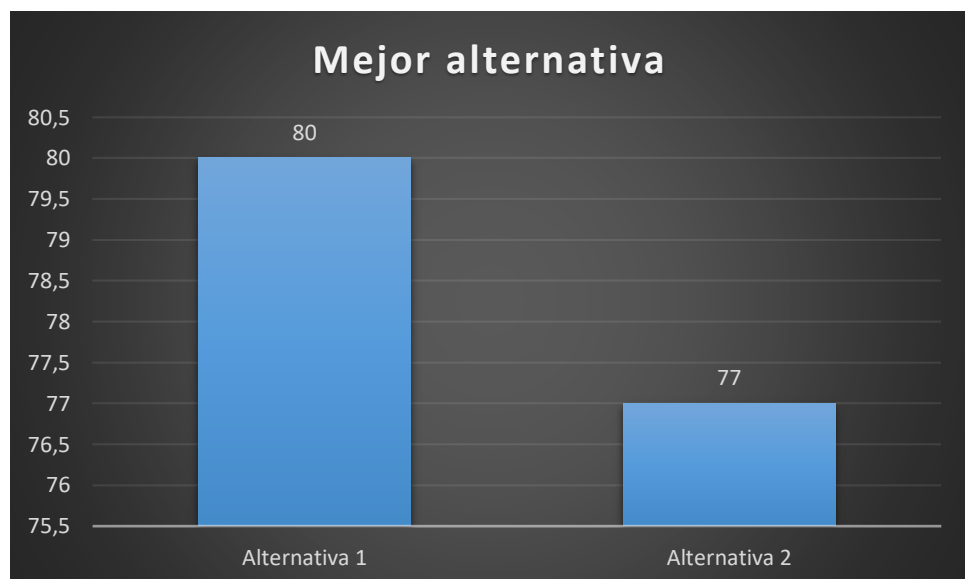


Figura 13. Evaluación final entre ambas alternativas. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

## 2.7. Justificación de la calificación

Después de realizar el análisis para la construcción de la máquina despulpadora se tiene la conclusión de que la alternativa 1 (Despulpadora Horizontal), es la más

adecuada para realizar el diseño de la máquina, ya que se obtiene un mayor procesamiento con gran facilidad, logrando de esta manera tener una gran eficiencia al momento de realizar el despulpado de la fruta, a su vez se garantiza que durante el proceso existirá un buen control de calidad para evitar que la pulpa se contamine al usar materiales específicamente para la industria alimenticia.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DE LA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ

#### 3.1. Diseño de elementos

Una vez que se ha determinado la alternativa para, fabricar la despulpadora, es necesario dimensionar y diseñar cada una de las partes que conforman la mencionada máquina.

#### 3.2. Diseño geométrico de la tolva de alimentación

La tolva de alimentación, es la encargada de almacenar el producto que se va a procesar, para ello se debe dimensionar su geometría, a partir de parámetros importantes como el volumen que se va almacenar, partiendo de la capacidad propuesta para la máquina. En la Figura 14 se puede apreciar las dimensiones y configuración con lo cual se fabricará este elemento.

El material con el que se fabricará la tolva de almacenamiento parte de la aplicación y uso que se va a dar al producto, en este caso es un producto de consumo humano, por lo que se debe utilizar un material adecuado en la industria alimenticia.

En el material seleccionado, para fabricar la tolva, se debe considerar Normas alimenticias; por lo tanto, se utilizará el acero inoxidable AISI 316; debido a que este es resistente a la corrosión y esto permite evitar la contaminación en el producto almacenado.

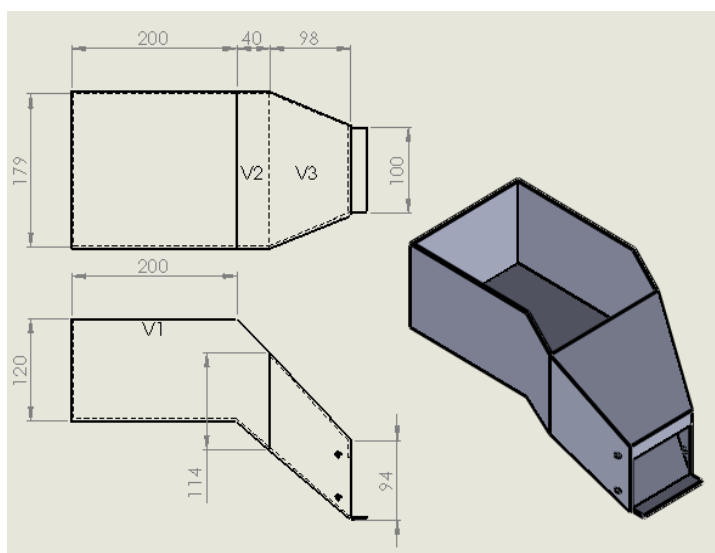


Figura 14. Geometría de la tolva de almacenamiento. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para determinar el volumen total de la tolva se divide los tres volúmenes que contiene la geometría de la tolva y se los procede a determinar cada uno para obtener el volumen total, en la ecuación (1), se muestra la fórmula para determinar el volumen 1.

$$V_1 = a \times b \times c \quad (1)$$

Donde:

$a$ : Longitud [0,2 m]

$b$ : Ancho de la geometría [0,179 m]

$c$ : Alto de la geometría [0,12 m]

Reemplazando los valores en la ecuación (1) se determina el volumen total que almacena la tolva.

$$V_1 = 0,2 \, m \times 0,179 \, m \times 0,12 \, m$$

$$V_1 = 4,296 \times 10^{-3} m^3$$

Para determinar el Volumen 2, se utiliza la ecuación (1), ya que la configuración es la misma y se tiene lo siguiente:

$$V_2 = 0,04 \, m \times 0,179 \, m \times 0,114 \, m$$

$$V_2 = 8,16 \times 10^{-4} m^3$$

En el caso del volumen 3, se aplica la fórmula para volumen de una pirámide truncada que se muestra en la ecuación (2), debido a la configuración geométrica que esta dispone.

$$V_3 = \frac{h}{3} \times (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2}) \quad (2)$$

Donde:

$h$ : Altura de la pirámide [0,098 m]

$A_1$ : Área de la base mayor de la pirámide  $[0,0204 \text{ m}^2]$

$A_2$ : Área de la base menor de la pirámide  $[9,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2]$

$$V_3 = \frac{0,098 \text{ m}}{3} \times \left( 0,0204 \text{ m}^2 + 9,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2 + \sqrt{0,0204 \text{ m}^2 \times 9,4 \times 10^{-3} \text{ m}^2} \right)$$

$$V_3 = 1,43 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Obteniendo como volumen total, la suma de los tres volúmenes que se calcularon anteriormente el resultado es el siguiente:

$$V_T = 6,54 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_T = 6,5 \text{ Litros}$$

Una vez que se determinó el volumen, se debe conocer qué cantidad de masa de capulí abarca 6,5 litros, con el fin de conocer cuánto capulí se debe despulpar para obtener la capacidad requerida. Se realizó una Tabla de Valores en la cual se muestra el promedio de algunos datos importantes de las muestras tomadas de capulí, como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Valores de muestras tomadas

N°	Masa (g)	Volumen (mm <sup>3</sup> )	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Fuerza de corte (Kg)
1	2,5	5681	483	1
2	2,5	4073	614	1,1
3	2,5	5159	614	1,2
4	2,5	4754	496	1,4
5	2,5	4979	526	1,3
6	2,5	4764	502	1,5
7	2,5	5299	524	1,2
8	2,5	4614	472	1,1
9	2,5	5933	541	1,4
10	3,21	9700	513	1,3
11	3,21	8355	503	1,2
12	3,21	6623	450	1,5
13	3,21	8132	485	1,1
14	3,21	8751	403	1,3
15	3,21	7934	401	1,4
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,78</b>	<b>6316,73</b>	<b>501,80</b>	<b>1,27</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para determinar la masa de capulí que almacena la tolva se utiliza la ecuación (2).

$$m = \delta \times V \quad (2)$$

Donde:

$\delta$ : Densidad del capulí [ $502 \frac{Kg}{m^3}$ ]

$V$ : Volumen de la tolva de almacenamiento [ $6,54 \times 10^{-3} m^3$ ]

Despejando la variable masa que es la que se va a determinar, se tiene la siguiente expresión:

$$m = \delta \times V = 502 \frac{Kg}{m^3} \times 6,54 \times 10^{-3} m^3$$

$$m = 3,28 Kg$$

Una vez que se determinó estos parámetros se prosigue a verificar cuanta cantidad de masa de capulí es necesaria para abastecer la capacidad de 20 litros/hora, aplicando la fórmula de densidad para un volumen de 1 litro.

$$m = 502 \frac{Kg}{m^3} \times 0,001 m^3 = 0,502 Kg$$

Que sería el peso de la cantidad de capulí almacenado en la tolva, para una capacidad 20 litros se tiene lo siguiente:

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ litro} & \rightarrow 0,502 Kg \\ 20 \text{ litros} & \rightarrow x \end{array}$$

$$x = \frac{20 l \times 0,502 Kg}{1 l} = 10,04 Kg$$

La cantidad de masa de capulí almacenado en la tolva para producir 20 litros en una hora, es de 10,04 Kg. partiendo de eso se realizará los respectivos análisis para determinar la fuerza ejercida por dicha masa.

### 3.3. Diseño del rascador

El rascador es el encargado de realizar el proceso de despulpado, este gira alrededor del eje principal, creando fricción entre el fruto y el tamiz, el cual se encarga de separar la pulpa de la pepa, la configuración del rascador es sin inclinación ya que por efectos de la fuerza centrífuga que se genera en el rotor se puede desplazar los residuos hacia el sistema de salida.

En la Figura 15, se puede observar la configuración que va a tener el rascador y los elementos que los componen.

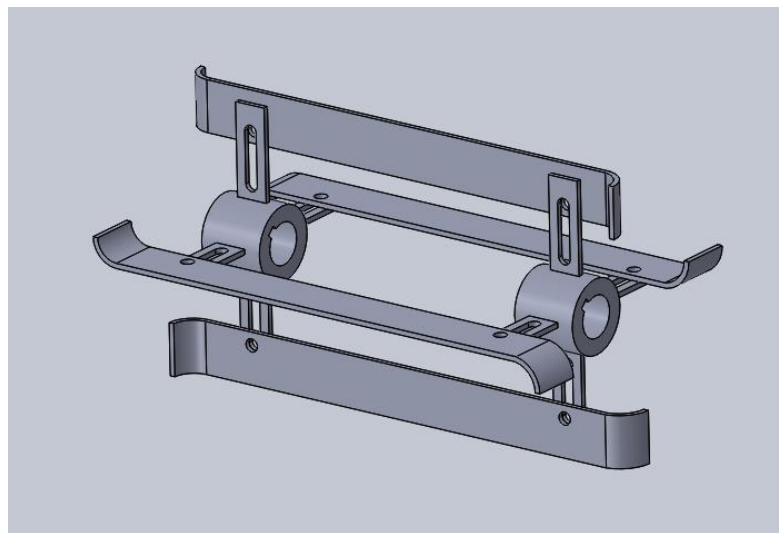


Figura 15. Configuración geométrica del rascador. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 3.3.1. Cálculo de fuerza interna que actúa sobre el rascador

El rascador al ejercer un movimiento rotacional, al ingresar el volumen de fruto en la cámara interna, el rascador debe tener la fuerza suficiente para producir un movimiento rotacional, siendo este mayor a la fuerza ejercida por la masa del fruto que se encuentra almacenado. En la siguiente Figura se muestra la fuerza que ejerce el rascador sobre la cantidad de masa del fruto.

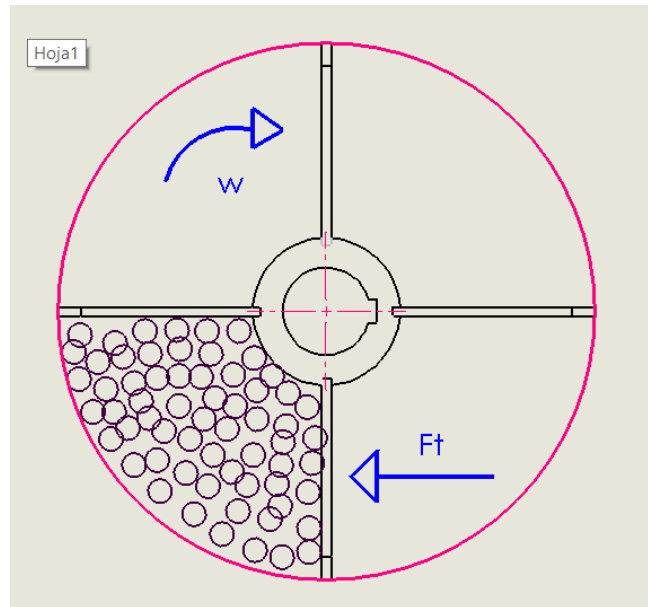


Figura 16. Fuerza que actúa sobre el rascador. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Como se muestra en la Figura 16 la fuerza tangencial que se produce sobre una paleta del rascador, es ejercida por la masa de capulí almacenada, cabe recalcar que la fuerza tangencial debe ser mayor que la fuerza ejercida por la masa del capulí para poder romper la inercia de esta masa de tal manera que se produzca la rotación del eje.

Para determinar el valor de  $F_t$ , es necesario conocer la cantidad de volumen que se almacena en el espacio entre cada paleta del rascador.

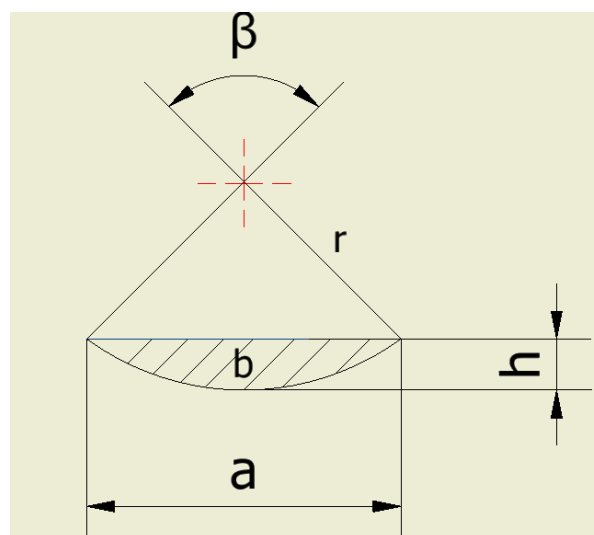


Figura 17. Área ocupada por el capulí. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja



Para determinar el área del segmento circular, según la figura 4, es la parte rayada, se utiliza la siguiente ecuación.

$$A = \frac{\pi \times r^2 \times \beta}{360^\circ} - \frac{a \times (r-h)}{2} \quad (3)$$

Donde:

$r$ : Radio del rascador [0,115 m]

$\beta$ : Ángulo que forman las paletas del rascador [90°]

$h$ : Altura del segmento circular [0,033 m]

$a$ : Longitud de la cuerda segmento circular [0,163 m]

$$A = \frac{\pi \times (0,115 \text{ m})^2 \times 90^\circ}{360^\circ} - \frac{0,163 \text{ m} \times (0,115 \text{ m} - 0,033 \text{ m})}{2}$$

$$A = 3,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Una vez determinado el área del segmento, se procede a calcular el volumen de dicho segmento, considerando que el tamiz tiene la configuración de un cilindro, para ello se utiliza la ecuación (4).

$$V = A \times L \quad (4)$$

Donde:

$A$ : Área que ocupa el fruto con respecto al rascador y el tamiz [ $3,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ ]

$L$ : Longitud total del tamiz [0,4 m]

Remplazando los valores que se indica en la ecuación (4), se tiene lo siguiente:

$$V = 3,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 0,4 \text{ m}$$

$$V = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

En esta cantidad de volumen se puede determinar la masa, que es el parámetro que se necesita para calcular la fuerza tangencial.

$$m_{capulí} = \delta \times V$$

$$m_{capulí} = 502 \frac{Kg}{m^3} \times 1,5 \times 10^{-3} m^3 = 0,753 Kg$$

Con el dato que se obtiene de masa, se procede a determinar la fuerza con la ecuación (6), y se tiene lo siguiente:

$$F = m \times g \quad (6)$$

Donde:

$m_{capulí}$ : Masa del volumen de capulí en el tamiz [0,753 Kg ]

$g$ : Gravedad [ $9,8 \frac{m}{s^2}$ ]

$$F = 0,75 Kg \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 7,35 N$$

Una vez que se determinó la fuerza, es necesario determinar la potencia requerida por el motor, así como la velocidad angular a la que debe girar el rascador, para ello es importante conocer los valores de momentos de inercia del rascador.

### 3.3.2. Momento de inercia del agitador

El momento de inercia según menciona [31], si un objeto que puede girar libremente alrededor de un eje, presenta gran dificultad para hacerlo girar, entonces su momento de inercia es muy grande.

En este caso se determinará el momento de inercia de cada elemento que componen al rascador como:

- Momento de inercia del soporte de la cuchilla.
- Momento de inercia de la cuchilla.

### 3.3.2.1. Momento de inercia del soporte de la paleta

El soporte del rascador está compuesto, por una serie de paletas las cuales se encuentran soldadas a un bocín cilíndrico, para determinar el momento de inercia se lo realiza de la siguiente manera, en la Figura 5, se muestra la configuración del soporte y sus respectivas inercias.

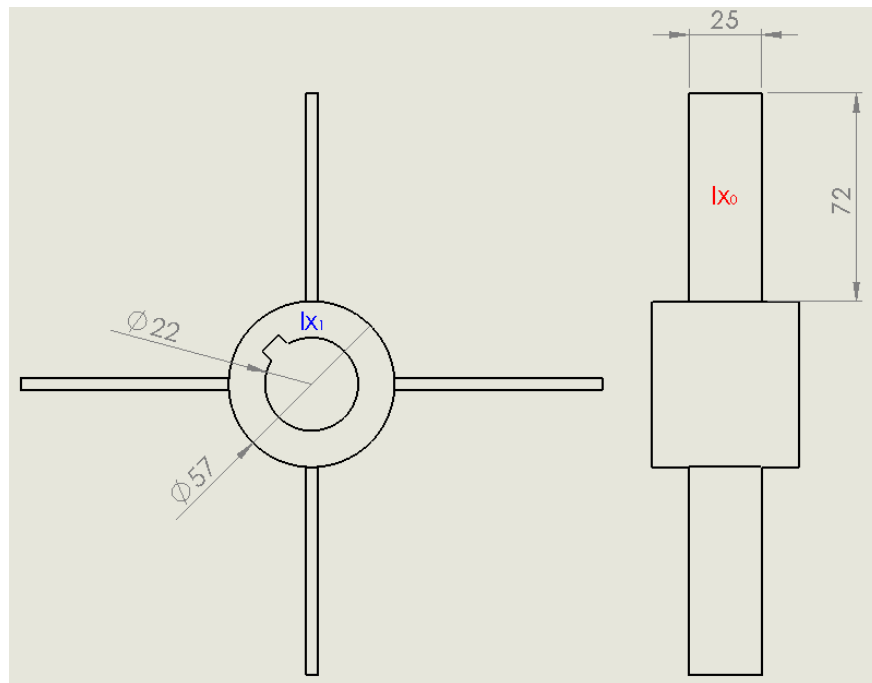


Figura 18. Configuración geométrica de las paletas del soporte de la cuchilla. Elaborado por:  
Estefanía Paucar y Edwin Borja

Como se puede apreciar en la Figura 18, se tiene una forma rectangular que representan a las paletas ubicadas en el soporte del rascador, para determinar el momento de inercia de las barras cuadradas, se utiliza la ecuación (7), según lo menciona Budynas & Nisbett [32].

$$I_{x0} = \frac{m}{12} \times (a^2 + b^2) \quad (7)$$

Donde:

$m$ : Masa del acero inoxidable AISI 316 [Kg]

$a$ : Ancho de la platina [0,05 m]

$b$ : Espesor de la platina [ $4 \times 10^{-3}$  m]

Para determinar la masa es necesario conocer el valor de densidad para el acero inoxidable AISI 316, en la figura 19 se muestra las propiedades principales de este acero.

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE			SERIE 300	
			Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo – Níquel - Molibdeno
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% – 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% – 14%* Mo 2% – 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD)	(g/cm³)	7.9	7.95 – 7.98
	MÓDULO DE ELASTICIDAD	(N/mm²)	193,000	193,000
	ESTRUCTURA		AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO
	CALOR ESPECÍFICO A 20C	(J/Kg K)	500	500
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C	(W/m K)	15 / 16	15 / 16
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C	(x 10⁶ C⁻¹)	16.0 – 17.30	16.02 – 16.5
	INTERVALO DE FUSIÓN	(C)	1398-1454	1371-1398

Figura 19. Propiedades de los aceros inoxidables [33]

El dato de densidad obtenido de la ficha técnica, para, el acero inoxidable AISI 316 es de  $7,98 \frac{gr}{cm^3}$ , es necesario obtener el valor del volumen para proceder a determinar la masa.

En la ecuación (8), se muestra la fórmula para determinar el volumen de una platina rectangular.

$$V_{placa} = a \times b \times c \quad (8)$$

Donde:

$a$ : Ancho de la placa [0,025 m]

$b$ : Espesor de la placa [0,004m]

$c$ : Longitud de la placa [0,075 m]

$$V_0 = 0,025 \, m \times 0,004 \, m \times 0,075 \, m = 7,5 \times 10^{-6} m^3$$

Aplicando la fórmula de densidad y despejando la masa se tiene la ecuación (9).

$$m_0 = \delta \times V_1 \quad (9)$$

Para determinar la inercia total del sistema es necesario aplicar el teorema de Steiner, debido a que los elementos se encuentran desplazados del centro de masa del eje principal o rotor, para lo cual se utiliza la ecuación 11.

$$I_{sx} = I_x + m \times d^2 \quad (11)$$

Donde:

$\delta$ : Densidad del acero inoxidable AISI 316 [ $7,98 \frac{gr}{cm^3}$ ]

$V_1$ : Volumen de la placa del soporte del rascador [ $7,5 \times 10^{-6} m^3$ ]

$$m_0 = 7980 \frac{Kr}{m^3} \times 7,5 \times 10^{-6} m^3$$

$$m_0 = 0,06 Kg$$

Remplazando estos valores en la ecuación (7), da el siguiente resultado, se debe tomar en cuenta que cada soporte de las paletas consta de 4 platinas y son dos soportes, por lo que la inercia total debe ser multiplicada por el número de platinas que hay en el sistema.

$$I_{x0} = 8 \times \left\{ \frac{0,06 Kg}{12} \times [(0,05m)^2 + (0,004m)^2] \right\}$$

$$I_{x0} = 2,56 \times 10^{-5} Kg m^2$$

Para determina el momento de inercia del bocín, se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_{x1} = \frac{m_1}{8} \times (de^2 + di^2)$$

Donde:

$m_1$ : Masa del bocín del soporte de la cuchilla [ $0,87 Kg$ ]

$de$ : Diámetro exterior del bocín del soporte [ $0,057 m$ ]

$di$ : Diámetro interior del bocín del soporte [ $0,022 m$ ]

$$I_{x1} = 2 \times \left[ \frac{0,87}{8} \times (0,057^2 + 0,022^2) \right] = 8,12 \times 10^{-4} \text{ Kg m}^2$$

$$I_x = 8,38 \times 10^{-4} \text{ Kg m}^2$$

### 3.3.2.2. Momento de inercia del rascador

La platina del rascador es la encargada de frotar el producto contra el tamiz, creando una fuerza de fricción que permite separar la pulpa de la fruta con su pepa, para luego continuar con el proceso.

Para el diseño de la platina se utiliza un acero inoxidable AISI 316, con un espesor de 4 mm, en el Anexo 1, se muestra el catálogo para platinas de acero inoxidable más comunes en el mercado.

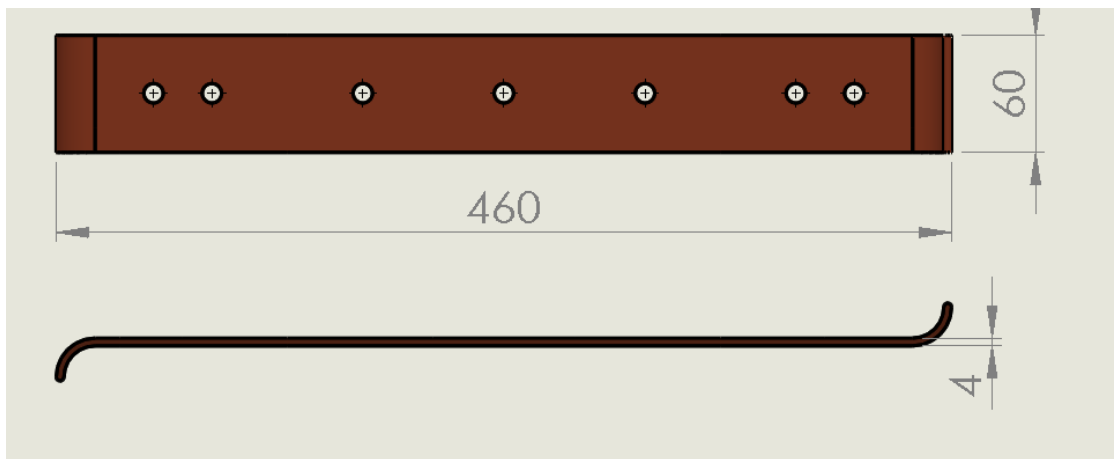


Figura 20. Dimensiones geométricas de la paleta. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Con los valores que indica la Figura 20, se puede determinar el volumen de la paleta.

$$V_2 = 0,46 \text{ m} \times 0,060 \text{ m} \times 0,004 \text{ m}$$

$$V_2 = 0,00011 \text{ m}^3$$

Aplicando la fórmula de densidad se tiene la siguiente ecuación:

$$m_2 = \delta \times V_2$$

Donde:

$\delta$ : Densidad del acero inoxidable AISI 316 [ $7,98 \frac{gr}{cm^3}$ ]

$V_2$ : Volumen de la paleta [ $0,00011 m^3$ ]

$$m_2 = 7980 \frac{Kr}{m^3} \times 0,00011 m^3 = 0,88 Kg$$

Remplazando los valores en la ecuación (10), se tiene la siguiente expresión:

$$I_{x2} = \frac{m_2}{12} \times (a^2 + b^2) \quad (10)$$

$$I_{x2} = 4 \times \left\{ \frac{0,88 Kg}{12} \times [(0,060 m)^2 + (0,004 m^2)] \right\}$$

$$I_{x2} = 1,06 \times 10^{-3} Kg m^2$$

Donde:

$I_x$ : Inercia del elemento que se está analizando [ $Kg m^2$ ]

$m$ : Masa del elemento que se está analizando [ $Kg$ ]

$d^2$ : Distancia entre el eje de rotación y el centro de masa del elemento [ $m$ ]

Aplicando el teorema de Steiner para las inercias calculadas anteriormente se tiene los siguientes resultados.

$$I_{sx} = 0,014 Kg m^2$$

$$I_{sx2} = 7,27 \times 10^{-3} Kg m^2$$

Para encontrar la inercia total del sistema se suma la inercia de cada elemento, una vez que ya se haya aplicado el teorema de Steiner.

$$I_{sxT} = I_{sx} + I_{sx2}$$

$$I_{sxT} = 0,021 Kg m^2$$

### 3.4. Energía cinética

La energía cinética está asociada a los cuerpos en rotación, como es el caso del rascador o agitador, ya que este consta del rotor que produce el movimiento rotacional, es una relación entre la inercia del cuerpo y su velocidad angular, en la ecuación (11), se define la fórmula.

$$E_c = \frac{1}{2} \times I_{sxT} \times \omega^2 \quad (11)$$

Donde:

$I_{sxT}$ : Inercia total del sistema  $[0,021 \text{ Kg m}^2]$

$\omega^2$ : Velocidad angular del sistema  $[\frac{rad}{s}]$

Para determinar el valor de velocidad angular, la cual representa la velocidad del giro que debe tener el rotor, según menciona Tuza [34], se recomienda que la máquina despulpadora tenga una variación de velocidad angular entre 500 y 600 rpm, para un buen rendimiento.

Para este caso se tomará una velocidad de 500 rpm, ya que la fruta con la que se ha propuesto trabajar posee una baja resistencia, para evitar que la pepa se rompa es necesario tener la velocidad angular adecuada.

$$\omega = 500 \frac{rev}{min} = 52,36 \frac{rad}{s}$$

$$E_c = \frac{1}{2} \times 0,021 \text{ Kg m}^2 \times \left(52,36 \frac{rad}{s}\right)^2$$

$$E_c = 28,78 \text{ N m}$$

### 3.5. Potencia de trabajo

En el caso de la máquina despulpadora de capulí, se tiene dos tipos de potencia en el sistema, la potencia de transportación y corte, la potencia del agitador.



### 3.5.1. Potencia de transportación y corte

La potencia para el proceso de despulpado, es la que se utiliza para transportar la masa total de capulí, y realizar el proceso de corte. Para determinar la potencia, se utiliza la ecuación (12).

$$P_1 = F \times r \times \omega \quad (12)$$

Donde:

$F$ : Fuerza que ejerce el peso de la fruta [ $N$ ]

$r$ : Radio de giro del rascador [ $0,115\ m$ ]

$\omega$ : Velocidad angular del rotor [ $52,36\ \frac{rad}{s}$ ]

Para el cálculo de la fuerza se considera que la capacidad de almacenamiento de la tolva es de 3,3 Kg, para obtener una potencia de diseño confiable se considera un peso de 5 kg, de esta manera se determinara una potencia mayor que cumpla con las necesidades.

$$F = m \times g$$

$$F = 5\ Kg \times 9,81\ \frac{m}{s^2} = 49\ N$$

Remplazando el valor de fuerza y las otras variables en la ecuación 12, se tiene la siguiente expresión:

$$P_1 = 49 \times 0,115\ m \times 52,36\ \frac{rad}{s}$$

$$P_1 = 295\ W$$

### 3.5.2. Potencia del agitador

La potencia del agitador se considera a la necesaria para desplazar el volumen de frutas almacenada en el tambor, se determina con la ecuación (13).

$$P_2 = \frac{E_c}{t} \quad (13)$$

Donde:

$E_c$ : Energía cinética del sistema [**28,8 Nm**]

$t$ : Tiempo que tarda en despulpar la cantidad almacenada en el tamiz [195 s]

$$P_2 = \frac{32,90 \text{ Nm}}{195 \text{ seg}}$$
$$P_2 = 0,15 \text{ W}$$

La potencia total de trabajo se determina con la suma de las ecuaciones (12) y (13), en este caso la potencia del agitador y la potencia de transportación y corte.

$$P_{Total} = P_1 + P_2$$

$$P_{Total} = 295,15 \text{ W} = 0,412 \text{ HP}$$

### 3.6. Selección del motor

Para la selección del motor se debe tomar algunos parámetros en consideración, principalmente cumplir con la potencia requerida por el sistema, para determinar la potencia del motor según menciona Videla [35], se utiliza la ecuación (14).

$$P_m = P_{Total} \times F_s \quad (14)$$

Donde:

$P_{Total}$ : Potencia requerida por el sistema [0,41HP]

$F_s$ : Factor de servicio para la aplicación que se va a utilizar el motor.

Para determinar el factor de servicio se debe tomar en cuenta la aplicación para la que se va a utilizar el motor, de tal manera en el anexo 2 se puede observar una tabla de valores que muestran que factor de servicio se debe utilizar.

Lo primero es determinar el tipo de motor que se va a utilizar y que existen de dos tipos, para este caso un motor eléctrico jaula de ardilla, con un factor de servicio de 1,5 ya que está dentro de las aplicaciones de una mezcladora mediana, debido a que la fuerza para realizar el despulpado no es muy elevada.

Una vez determinado el factor de servicio se determina la potencia del motor.

$$P_m = 0,41 \text{ HP} \times 1,5 = 0,62 \text{ HP}$$

Con la potencia determinada, se elige un motor que cumpla con las características antes mencionadas, en la Figura 21, se puede apreciar la tabla de selección del motor.

Descripción				Modelo	
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	GP10 Uso General Catálogo Spiridon	SD10 Uso Severo Catálogo Spiridon
0.5	900	208-230/460	143T	A7B10000048458	no disponible
0.75	1800	208-230/460	143T	A7B10000048472	A7B10000048469
	1200	208-230/460	143T	A7B10000048459	A7B10000048474
	900	208-230/460	145T	A7B10000048490	A7B10000048475
1	3600	208-230/460	143T	A7B10000012670	A7B10000047493
	1800	208-230/460	143T	A7B10000012675	A7B10000047514
	1200	208-230/460	145T	A7B10000012678	A7B10000047515
	900	208-230/460	182T	A7B10000048088	A7B10000048042
	3600	208-230/460	143T	A7B10000012671	A7B10000048041
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012676	A7B10000047516
1.5	1200	208-230/460	182T	A7B10000012683	A7B10000048043
	900	208-230/460	184T	A7B10000048499	A7B10000048044
2	3600	208-230/460	145T	A7B10000012672	A7B10000048045
	1800	208-230/460	145T	A7B10000012677	A7B10000047517
	1200	208-230/460	184T	A7B10000012684	A7B10000048046
	900	208-230/460	213T	A7B10000048089	A7B10000048047

Figura 21. Tabla de selección de motores eléctricos [36]

El motor seleccionado para trabajar con estas especificaciones es un motor de 1 HP, a 500 RPM, como ya se había mencionado anteriormente, la velocidad angular se la puede reducir con ayuda de poleas.

### 3.7. Dimensionamiento de la transmisión

Para el caso de la despulpadora de capulí se optó por una transmisión de potencia a base de poleas y banda, en base a esto se debe determinar el juego de poleas que se va a utilizar para llegar a la velocidad angular deseada, en el eje principal.

En la ecuación (15), se muestra fórmula para determinar la relación de transmisión del sistema.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_B}{d_A} \quad (15)$$

$d_A$ : Diámetro de la polea conductora [m]

$$i = \frac{1200 \text{ RPM}}{500 \text{ RPM}} = 2,4$$

$$i = \frac{0,125 \text{ m}}{0,05 \text{ m}} = 2,5$$

$$\omega_{salida} = \frac{\omega_{motor}}{i}$$

$$\omega_{salida} = \frac{1200 \text{ RPM}}{2,45} = 480 \text{ RPM}$$

La relación de transmisión 2,5:1, se realiza con el juego de poleas mostrado en la Figura 22, cuando la polea conductora da 2,5 vueltas la conducida debe dar 1 vuelta de esta manera se busca reducir las RPM, con un aproximado al valor que se planteó anteriormente, debido a que los juegos de poleas viene en dimensiones estandarizadas.

### 3.8. Dimensionamiento del eje principal

Para determinar el diámetro que debe tener el eje principal, se debe tomar en cuenta las cargas ejercidas sobre el mismo, además de los coeficientes de fatiga que se pueden dar en este elemento debido a las cargas dinámicas. Para el cálculo del torque con el que trabaja el eje principal, se aplica la ecuación (16).

$$T = \frac{P}{\omega} \quad (16)$$

Donde:

$\omega$ : Número de revoluciones en el eje principal  $[52,36 \frac{rad}{seg}]$

$P$ : Potencia del motor [746 Watts]

$$T = \frac{746 \text{ Watts}}{52,36 \frac{rad}{seg}} = 14,25 \text{ Nm}$$

Con el torque obtenido, se debe realizar el respectivo análisis para determinar las fuerzas que puntuales que se ejercen sobre el eje principal, en la Figura 23, se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje principal.

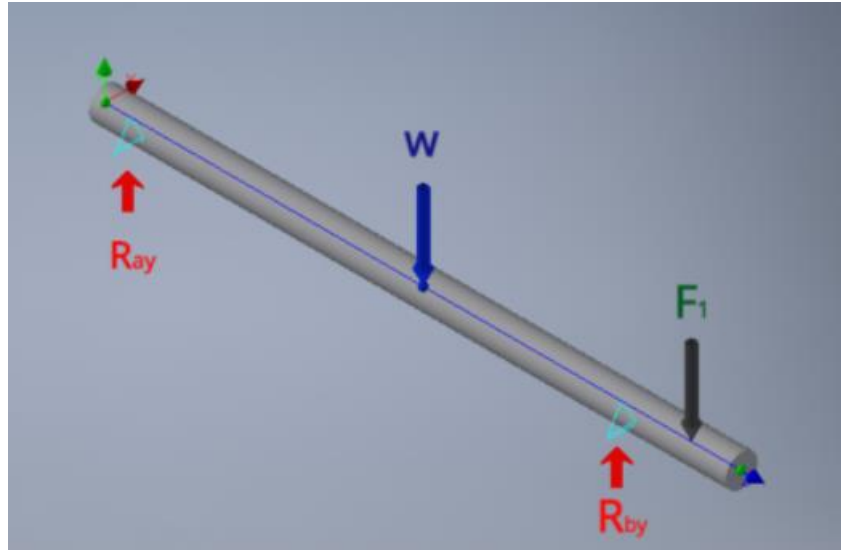


Figura 23. Diagrama de cuerpo libre del eje principal. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

En la Figura 23, se observa las fuerzas aplicadas sobre el eje principal, así como las reacciones que se producen por las chumaceras, para el dimensionamiento es necesario determinar el momento máximo en el eje principal.

$$F_1 = \frac{T}{r_2}$$

Donde:

$T$ : Torque ejercido por el sistema [14,25 Nm]

$r_2$ : Radio de la polea conducida [0,0625 m]

$$F_1 = \frac{14,25 \text{ Nm}}{0,0625 \text{ m}} = 228 \text{ N}$$

La variable  $w$ , se determina con la suma del peso de cada componente que conforma el agitador

$$m_T = m_1 + m_2 + m_3$$

$$m_T = (8 \times m_1) + (4 \times m_2) + (8 \times m_3)$$

$$m_T = 9,52 \text{ Kg}$$

A continuación, se determina el peso que ejerce toda esa cantidad de masa.

$$w = m \times g$$

$$w = 9,52 \text{ Kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 93,3 \text{ N}$$

Para determinar las reacciones, con ayuda del software (inventor), queda de la siguiente manera, en la Figura 24, se muestran los diagramas de momento flector y fuerza de corte.

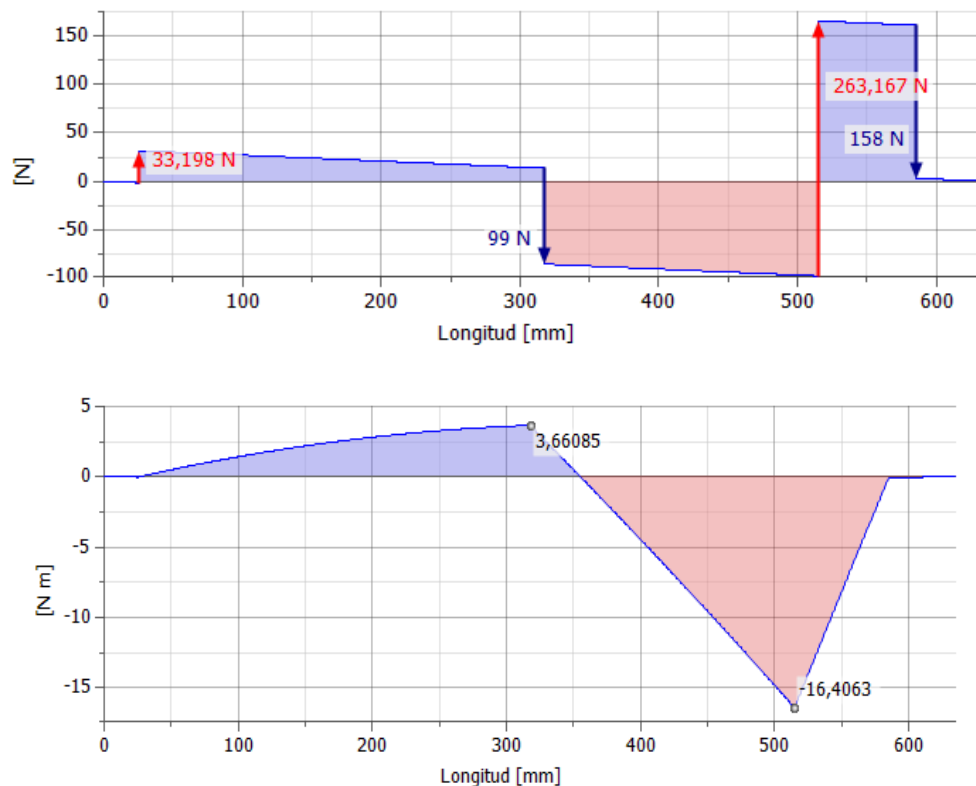


Figura 24. Diagrama de fuerza cortante y momento flector. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

En la Figura 24, se aprecia el valor máximo de momento flector, que es el que se utilizara para el dimensionamiento del eje, también se debe determinar el material con

el cual se va a fabricar el eje para este caso se ha seleccionado acero inoxidable AISI 316.

$$M_{max} = 16,4 \text{ Nm}$$

Para determinar el esfuerzo por flexión se utiliza la siguiente ecuación;

$$\sigma_x = \frac{32 \times M_{max}}{\pi d^3} = \frac{167}{d^3} \quad (17)$$

$$\sigma_x = \frac{167}{d^3}$$

El esfuerzo por torsión se determina con la ecuación (18).

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad (18)$$

Donde:

$T$ : Torque aplicado en el sistema [17,80 N m]

$d$ : Diámetro del eje principal [m]

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 14,25 \text{ Nm}}{\pi d^3} = \frac{73}{d^3}$$

La Teoría de Von Misses, es una de las más utilizadas en el diseño de materiales dúctiles, en la ecuación (19), se muestra la fórmula.

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}} \quad (19)$$

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{167}{d^3} \right)^2 + 3 \times \left( \frac{73}{d^3} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = \frac{209,5}{d^3}$$

El factor de fluencia para el hacer inoxidable AISI 316 es de 276 MPa, como se muestra en la imagen del Anexo 3, el factor de seguridad se selecciona de acuerdo a la



aplicación y bajo las condiciones que la máquina va a trabajar, en la Tabla 8, se muestran los lineamientos para elegir el factor de seguridad.

Tabla 8. Lineamientos para el factor de seguridad [37]

Factor de seguridad	Factor de carga
1,25 a 2	El diseño de estructuras bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño.
2 a 2,5	Diseño de elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con una confianza promedio en todos los datos del diseño.
2,5 a 4	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas con incertidumbre acerca de las cargas, propiedades de los materiales, análisis de esfuerzos o ambientes.
4 o más	Diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes críticos puede justificar también el empleo de estos valores.

Con los datos se aplica la ecuación (20), para determinar el diámetro que debe tener el eje principal.

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (20)$$

Donde:

$S_y$ : Factor de fluencia del acero inoxidable AISI 316 [276 MPa]

$\sigma'$ : Esfuerzo Von Misses [Pa]

Despejando la ecuación (20), para determinar el diámetro se tiene lo siguiente:

$$\sigma' = \frac{S_y}{n}$$

$$\frac{209,5}{d^3} = \frac{276 \text{ MPa}}{4}$$

$$d = 0,0145 \text{ m} = 14,5 \text{ mm}$$

Por facilidad de diseño se considera utilizar un eje de 22 mm de diámetro, considerando que el diámetro de los extremos donde acoplan las chumaceras, deben ser los más comunes en el mercado, como es el caso de 20 mm, el cual debe ser menor al diámetro del eje principal.

En la Figura 25, se muestra un análisis estático en donde se puede observar el esfuerzo máximo de Von Misses al cual el eje trabaja, haciendo el análisis con respecto al esfuerzo de fluencia, se dice que este debe ser mayor para que exista un diseño confiable, en este caso se tiene lo siguiente.

$$S_y \leq \sigma'$$

$$276 \text{ MPa} \leq 69 \text{ Mpa}$$

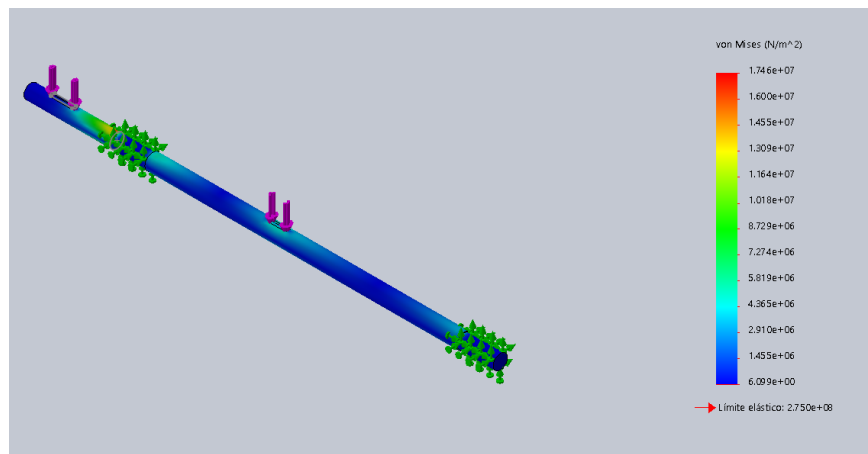


Figura 25. Esfuerzo Von Mises en el eje principal. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

### 3.8.1. Diseño del eje a fatiga

Con el dato diámetro se realiza un análisis a fatiga del eje, debido a que este trabaja con cargas dinámicas, reemplazando el valor de diámetro en las ecuaciones (17) y (18), se tiene lo siguiente:

$$\sigma_x = \frac{32 \times 16,4 \text{ Nm}}{\pi \times (0,022\text{m})^3} = 15,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{xm} = 0$$

$$\sigma_{xa} = 15,7 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 14,25 \text{ Nm}}{\pi (0,022 \text{ m})^3} = 6,82 \text{ MPa}$$

$$\tau_{xya} = 0$$

$$\tau_{xym} = 6,82 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores en la ecuación (19), para determinar el valor de esfuerzo de Von Misses, se tiene el siguiente valor:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = ((15,7 \text{ MPa})^2 + 3(6,82 \text{ MPa})^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma' = 23 \text{ Mpa}$$

### 3.8.2. Límite de resistencia a la fatiga

Para determinar el límite de resistencia a la fatiga, partimos de la ecuación (21), el valor de esfuerzo último a la tensión, se lo obtiene del anexo 3, para AISI 316.

$$Se' = 0,5 Sut \quad (21)$$

Donde:

$Sut$ : Esfuerzo último a la tensión acero AISI 316 [528 MPa]

$$Se' = 0,5 (528 \text{ MPa}) = 264 \text{ MPa}$$

Existen varios factores que modifican el límite de resistencia a la fatiga, en la ecuación (22), se muestra el límite de resistencia a la fatiga modificado.

$$Se = Ka \times Kb \times Kc \times Kd \times Ke \times Kf \times Se' \quad (22)$$

Donde:

$Ka$ : Factor superficial

$Kb$ : Factor de tamaño

$Kc$ : Factor de carga

$Kd$ : Factor de temperatura

$Ke$ : Factor de confiabilidad

$Kf$ : Factor de efectos varios

$Se'$ : Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

- **Factor superficial**

$$Ka = a \times Sut^b$$

Para determinar el factor superficial, se utiliza los valores mostrados en la figura 26, estos parámetros dependen del acabado superficial del elemento.

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

Figura 26. Parámetros para el factor superficial [32]

$$Ka = 4,51 \text{ MPa} \times (264 \text{ MPa})^{-0,265}$$

$$Ka = 1,03$$

- **Factor de tamaño**

El factor de tamaño se avalúa, para este caso en función del diámetro del eje principal, en la figura 27, se muestran los parámetros que se pueden seleccionar.

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Figura 27. Parámetros para el factor de tamaño [32]

$$Kb = 1,24d^{-0,107}$$

$$Kb = 1,24 (22)^{-0,107} = 0,89$$

#### - Factor de carga

El factor de carga va de acuerdo al tipo de fuerza que actúa sobre el eje principal, pueden ser axiales, flexionantes o por torsión. En la Figura 28, se muestra los criterios para determinar el factor de carga.

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Figura 28. Criterios para el factor de carga [32]

Para el caso del eje principal, actúan cargas radiales, las cuales producen un esfuerzo a flexión, por lo que el factor de carga es uno.

$$Kc = 1$$

#### - Factor de temperatura

El factor de temperatura se relaciona con la temperatura de operación del elemento, de acuerdo a esto existen variaciones en el factor mencionado.

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963

Figura 29. Criterios para el factor de temperatura [32]

Para el caso de la despulpadora, la temperatura de operación equivale a la temperatura ambiente, la cual oscila entre 20 a 30° C, en base a esto el valor de  $Kd = 1$ .

#### - Factor de confiabilidad

El factor de confiabilidad, se evalúa de acuerdo con la sobre medida que se le da a cada elemento, con el fin de aumentar su vida útil.

% de confiabilidad	$C_{conf}$
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Figura 30. Criterios para el factor de confiabilidad [38]

$$k_e = 0,868$$

#### - Factor de efectos varios

El propósito de este factor es el de considerar otros efectos en el diseño de elementos, en especial los cambios de sección o muescas que existen en los elementos.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (24)$$

Donde:

$q$ : Sensibilidad de la muesca

$K_t$ : Factor de concentración de esfuerzos.

Para determinar el factor  $q$ , utilizar los datos mostrados en el anexo 4, la gráfica muestra una relación entre la dureza del material y el radio que debe tener el cambio de sección, para este caso el radio es de 1 mm y el AISI 316, tiene un esfuerzo último a la tensión de 528 MPa. Tomando en cuenta estas variables.

$$q = 0,7$$

Para determinar el factor  $K_t$ , con ayuda del anexo 5, se relaciona el diámetro mayor del eje con el diámetro menor del eje, así como también el radio de la muesca y el diámetro menor, de la Tabla mostrada se tiene como resultado.

$$K_t = 1,8$$

Remplazando los valores en la ecuación (23), se tiene lo siguiente:

$$K_f = 1 + 0,7(1,8 - 1)$$

$$K_f = 1,56$$

Reemplazando los datos de cada factor en la ecuación (23), se obtiene el resultado del límite de resistencia a la fatiga modificado.

$$S_e = 1,03 \times 0,89 \times 1 \times 1 \times 0,87 \times 1,56 \times 264 \text{ MPa}$$

$$S_e = 328,5 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad, se aplica el criterio de Goodman modificado, debido a que en este se considera el esfuerzo último a la tensión, como este es el máximo esfuerzo, el factor de seguridad es conservador.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (25)$$

Donde:

$\sigma_{xa}$ : Esfuerzo medio [15,7 MPa]

$\sigma_{xm}$ : Esfuerzo alternante [6,28 MPa]

$S_e$ : Límite de resistencia a la fatiga [328,5 MPa]

$S_{ut}$ : Esfuerzo último a la tensión [1020 MPa]

$$n = \frac{1}{\frac{\sigma_{xa}}{S_e} + \frac{\sigma_{xm}}{S_{ut}}}$$

$$n = \frac{1}{\frac{15,5 \text{ MPa}}{328,5 \text{ MPa}} + \frac{6,28 \text{ MPa}}{528 \text{ MPa}}}$$

$$n = 16,9$$

El factor de seguridad que se determinó, es elevado debido a que los esfuerzos en el eje son bajos y este posee un valor alto de resistencia última a la tracción lo que brinda una mayor confiabilidad al diseño y una vida útil prolongada.

### 3.9. Selección de las chumaceras

Para la selección de las chumaceras, se debe considerar la posición del eje, en este caso de forma horizontal, la chumacera debe soportar las cargas radiales que se aplican en el eje con las paletas en el presente caso.

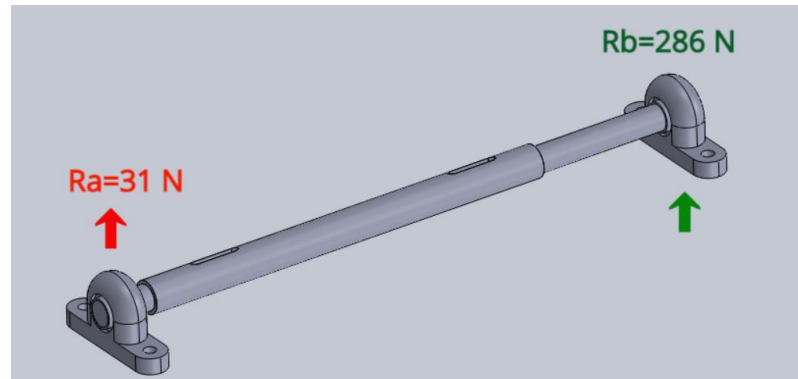


Figura 31. Disposición del eje principal y las chumaceras. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para determinar el tipo de chumacera que se va a utilizar, es necesario conocer el número de horas que va a trabajar la máquina por día, de acuerdo al proceso de producción GAD parroquial de San José de Poaló, la máquina está destinada a trabajar un tiempo de 500 horas al año.

$$Cr = \frac{fl}{fn} \times R \quad (26)$$

Donde:

$fl$ : Coeficiente dinámico

$fn$ : Factor de velocidad

$R_a$ : Carga radial ejercida en la chumacera del punto A [33 N]

$R_b$ : Carga radial ejercida en la chumacera del punto B [264 N]

En la Figura 32, se muestra la tabla para determinar el factor  $fl$ , en función de las horas de trabajo. De acuerdo con la Figura para 500 horas de trabajo, para este valor el factor es de 1.



▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$
$h$		$h$	
100	0,585	420	0,944
110	0,604	440	0,958
120	0,621	460	0,973
130	0,638	480	0,986
140	0,654	500	1
150	0,669	550	1,03
160	0,684	600	1,06
170	0,698	650	1,09
180	0,711	700	1,12
190	0,724	750	1,14
200	0,737	800	1,17
220	0,761	850	1,19
240	0,783	900	1,22
260	0,804	950	1,24
280	0,824	1000	1,26
300	0,843	1100	1,3
320	0,862	1200	1,34
340	0,879	1300	1,38
360	0,896	1400	1,41
380	0,913	1500	1,44
400	0,928	1600	1,47

Figura 32. Vida útil y factor de velocidad para rodamientos de bolas [39]

En la Figura 33, se selecciona el factor de velocidad de acuerdo al número de revoluciones a las que va a trabajar el eje principal.

$n$	$f_n$	$n$	$f_n$
$\text{min}^{-1}$		$\text{min}^{-1}$	
340	0,461	1800	0,265
360	0,452	1900	0,26
380	0,444	2000	0,255
400	0,437	2200	0,247
420	0,43	2400	0,24
440	0,423	2600	0,234
460	0,417	2800	0,228
480	0,411	3000	0,223
500	0,405	3200	0,218
550	0,393	3400	0,214
600	0,382	3600	0,21
650	0,372	3800	0,206
700	0,362	4000	0,203
750	0,354	4200	0,199
800	0,347	4400	0,196

Figura 33. Factor de velocidad rodamiento de bolas [39]

El valor para 500 RPM, según la Figura 21, es de 0,405 se reemplaza estos valores en la ecuación se tiene lo siguiente:

$$C_{r1} = \frac{1}{0,405} \times 33 \text{ N} = 81,48 \text{ N}$$

$$C_{r2} = \frac{1}{0,405} \times 264 \text{ N} = 651,86 \text{ N}$$

Para determinar la carga estática se utiliza la ecuación (27), para lo cual es necesario conocer el factor de esfuerzos estáticos de acuerdo a las cargas.

Según menciona Fag [39], el factor de servicio para exigencias normales oscila entre 1 y 1,5 para este caso se trabajara con el valor más alto.

$$C_{o1} = F_s \times R_a = 49,5 \text{ N}$$

$$C_{o2} = F_s \times R_b = 396 \text{ N}$$

Con estos datos, se verifica con el Anexo 6, para determinar qué tipo de chumacera es la más adecuada para el trabajo a realizar. La chumacera más adecuada para este tipo de trabajo, posee un diámetro interior de 20 mm, soporta una carga dinámica de 1535 N, con una velocidad de trabajo de 500 RMP, que es mayor a la requerida, por lo que la chumacera tendrá una vida útil más prolongada.

### **3.10. Diseño del sistema de despulpado**

El sistema de despulpado consta de varios elementos que conforman el rascador o agitador, es primordial realizar un análisis de esfuerzos de cada material, para verificar si soportará la carga a la que va a estar sometida; entre los elementos que conforman el agitador se tiene los siguientes:

- Diseño del soporte del rascador.
- Diseño del rascador.

#### **3.10.1. Diseño del soporte del rascador**

El soporte del rascador es el que se encuentra soldado al bocín que acopla con el eje principal, posee una configuración en forma de cruz y está constituido por platinas de acero inoxidable AISI 316.

$$T = F_{soporte} \times r$$

$$F_{soporte} = \frac{T}{r_{soporte}} = \frac{14,25 \text{ N m}}{0,115 \text{ m}}$$

$$F_{soporte} = 124 \text{ N}$$

La fuerza determinada es perpendicular al soporte del rascador, en la Figura 34, se muestra la configuración de la fuerza, en este caso al haber dos soportes la fuerza se divide para 2.

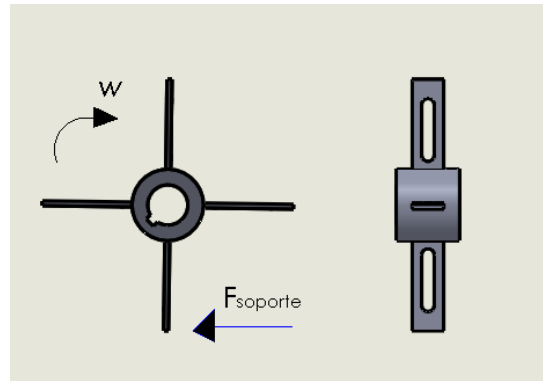


Figura 34. Fuerza que actúa sobre el soporte del rascador. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para determinar las reacciones y el momento que actúa sobre la platina, se utilizó el software Mdsolid 4.0, para encontrar el momento máximo y la fuerza cortante máxima.

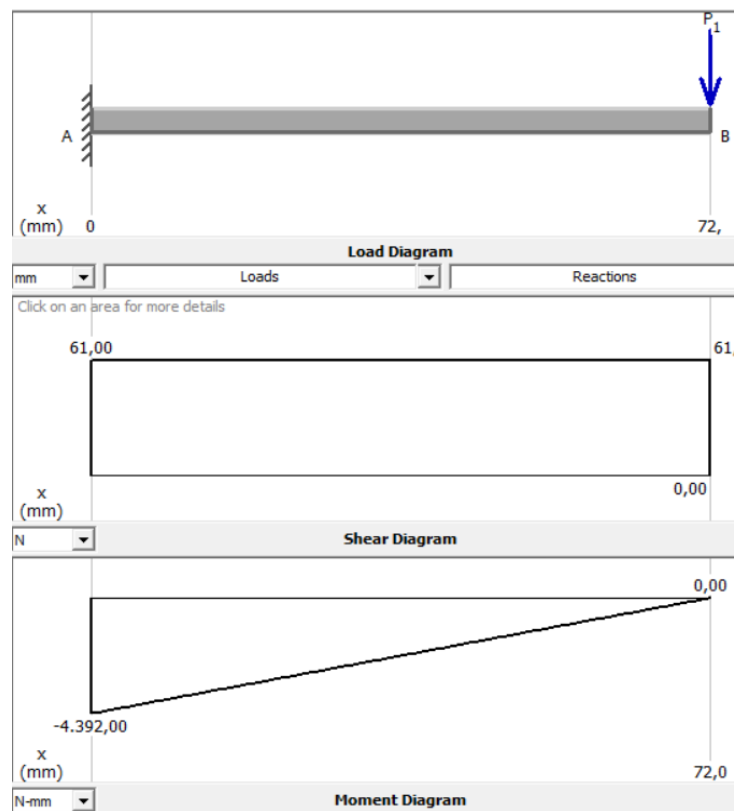


Figura 35. Diagrama de momento flector y fuerza cortante. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

De la Figura 35, se determina el momento máximo que se ejerce sobre la platina del soporte del rascador.

$$M_{max} = 4392 \text{ N mm} = 4,4 \text{ N m}$$

Una vez que se encuentra el momento máximo, se puede determinar el módulo de la sección con la fórmula de esfuerzo permisible, debido a que esta relaciona el momento máximo aplicado para una sección determinada, con este dato se puede determinar la carga máxima que se debe aplicar de acuerdo a la sección que se tiene.

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S} \quad (27)$$

Donde:

$M_{max}$ : Momento máximo aplicado [4,4 N m]

$S$ : Módulo de la sección [ $m^3$ ]

Además de la ecuación (27), se conoce otra fórmula para determinar el esfuerzo permisible, en la cual se relaciona el factor de seguridad con respecto al esfuerzo de fluencia del material.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n} \quad (28)$$

Los valores de esfuerzo de fluencia se detallan en el Anexo 3, para acero inoxidable AISI 316, el factor de seguridad seleccionado según la tabla 8, es de 2.5, tomando en cuenta estos valores se tiene lo siguiente:

$$\sigma_{perm} = \frac{276 \text{ MPa}}{2,5} = 110,4 \text{ MPa}$$

Remplazando este valor en la ecuación (27), se determina el módulo de la sección.

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$110,4 \text{ MPa} = \frac{4,4 \text{ N m}}{S}$$

$$S = \frac{8,96 \text{ N m}}{110,4 \text{ MPa}} = 4 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

Para determinar el espesor de la placa, se aplica la fórmula de módulo de sección para una pieza rectangular, como es el caso del soporte.

$$S = \frac{h \times b^2}{6} \quad (29)$$

Donde:

$h$ : Ancho de la placa del soporte [0,025 m]

$b$ : Espesor de la placa del soporte [m]

$$4 \times 10^{-8} \text{ m}^3 = \frac{0,025 \text{ m} \times b^2}{6}$$

$$b = \sqrt{\frac{6(4 \times 10^{-8} \text{ m}^3)}{0,025 \text{ m}}} = 3,1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

$$b = 3,1 \text{ mm}$$

El espesor recomendado para el diseño de las placas del soporte es de 4 mm de espesor en acero inoxidable AISI 316, debido a que son más comunes en el mercado, en el Anexo 1 se puede observar los espesores para platinas de acero inoxidable.

### 3.10.2 Diseño a fatiga del soporte del rascador

Para el diseño a fatiga en el caso de soporte del rascador, se debe considerar la geometría que posee el elemento, así como el material seleccionado para su fabricación.

$$Se' = 0,5 Sut$$

$$Se' = 0,5 (568 \text{ MPa}) = 284 \text{ MPa}$$

#### - Límite de esfuerzo a la fatiga corregido

$$Se = Ka \times Kb \times Kc \times Kd \times Ke \times Kf \times Se'$$

- **Factor de tamaño**

Para este caso las platinas son laminadas en caliente, según la Figura 27, se tiene la siguiente ecuación.

$$Ka = a \times Sut^b$$

$$Ka = 4,51 \text{ MPa} \times (568 \text{ MPa})^{-0,265}$$

$$Ka = 0,84$$

- **Factor de tamaño**

Para el caso de barras cuadradas es necesario, determinar un diámetro equivalente para el cálculo del factor de tamaño, en la Figura 37, se muestra las ecuaciones aplicadas en elementos no giratorios.

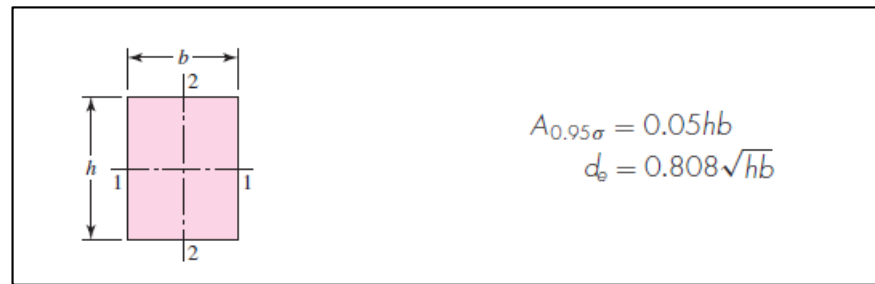


Figura 36. Áreas de perfiles estructurales [32]

$$d_e = 0,808 \sqrt{h \times b}$$

$$d_e = 0,808 \sqrt{72 \text{ mm} \times 25 \text{ mm}} = 34,28 \text{ mm}$$

En la Figura 27, con el diámetro obtenido se selecciona la ecuación más acertada.

$$Kb = 1,24d^{-0,107}$$

$$Kb = 1,24(34,28 \text{ mm})^{-0,107} = 0,85$$

- **Factor de carga**

El factor de carga se selecciona de acuerdo a la carga a la que está sometido el elemento, en este caso flexión, de la Figura 28 se tiene lo siguiente:

$$Kc = 1$$

- **Factor de temperatura**

Las condiciones de trabajo son a temperatura ambiente, por lo tanto:

$$Kd = 1$$

- **Factor de confiabilidad**

La confiabilidad es igual para todo el sistema de la máquina se planteó 95% de confiabilidad, en la figura 30, se muestra el valor de  $Ke$ .

$$ke = 0,868$$

- **Factor de efectos varios**

Para el caso de barras cuadradas, con una configuración normal, se toma un factor de efectos varios de uno.

$$Kf = 1$$

El límite de resistencia a la fatiga corregido es el siguiente:

$$Se = 0,84 \times 0,85 \times 1 \times 1 \times 0,86 \times 1 \times 284 \text{ MPa}$$

$$Se = 174,4 \text{ MPa}$$

Para determinar el factor de seguridad, se aplica la ecuación (30).

$$n = \frac{Se}{\sigma} \quad (30)$$

El valor de esfuerzo máximo en el soporte del rascador se determina con la ecuación (31).

$$\sigma = \frac{M c}{I} \quad (31)$$

Donde:

$M$ : Momento máximo en los soportes del rascador [4,4 Nm]

$c$ : Espesor de la placa sobre dos [0,002 m]

$I$ : Inercia de la placa [ $1,33 \times 10^{-10} \text{ m}^4$ ]

$$\sigma = \frac{4,4 \text{ Nm} \times 0,002 \text{ m}}{1,33 \times 10^{-10} \text{ m}^4}$$

$$\sigma = 66,16 \text{ MPa}$$

Remplazando los valores en la ecuación (30), se determina el valor para el factor de seguridad.

$$n = \frac{174,4 \text{ MPa}}{66,16 \text{ MPa}} = 2,63$$

$$n = 3$$

### 3.10.3 Análisis de soldadura en el soporte de rascador

El análisis de soldadura, para esta ocasión, se lo realiza mediante la verificación del esfuerzo cortante que se produce en la unión del bocín con las placas del soporte, de este modo se evalúa si la unión soporta la carga ejercida sobre ella.

En la Figura mostrada en el Anexo 8, se toma de dato el valor del esfuerzo de fluencia para el aporte del material de unión. Para determinar la ecuación Budynas & Nisbett [32], sugieren utilizar la siguiente fórmula.

$$\tau_{per} = 0,30 S_{ut}$$

Donde:

$S_{ut}$ : Esfuerzo máximo a la tracción [490 MPa]

$$\tau_{per} = 0,30 \times 490 \text{ MPa}$$

$$\tau_{per} = 147 \text{ MPa}$$

Para determinar el esfuerzo cortante sobre los materiales que se van a unir, se aplica la siguiente ecuación.

$$\tau = \frac{F}{2 \times h \times l}$$

Donde:

$F$ : Fuerza cortante aplicada sobre la placa del soporte [124N]

$h$ : Altura del cordón de soldadura [0,006m]

$l$ : Longitud de cordón de soldadura [0,025 m]

$$\tau = \frac{F}{2 \times h \times l}$$



$$\tau = \frac{124 \text{ N}}{2 \times 0,025\text{m} \times 0,006\text{m}} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$\tau_{per} \geq \tau$$

$$147 \text{ MPa} \geq 0,42 \text{ MPa}$$

De acuerdo con la comparación se verifica que la soldadura es correcta para soportar la carga aplicada sobre la unión del soporte.

### 3.10.4 Diseño del rascador

Partiendo del análisis anteriormente determinado, para calcular el espesor de la platina del rascador se debe hacer un análisis de esfuerzos aplicados sobre este.

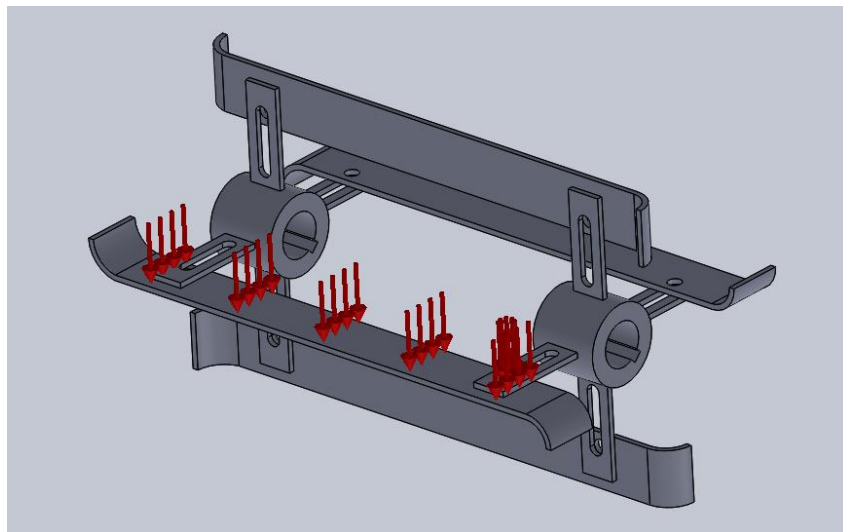


Figura 37. Fuerza actuante sobre el rascador. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

La fuerza del sistema es la calculada anteriormente para el soporte de la cuchilla, para determinar las reacciones se utilizará el software Mdsolid, en la Figura 38, se muestra la distribución de la fuerza en el sistema.

$$F_{soporte} = 121 \text{ N}$$

En el caso de la cuchilla la fuerza se encuentra distribuida por todo el sistema para lo cual se debe transformar la carga puntual obtenida en una distribuida.

$$Q = \frac{F}{L} \quad (32)$$

Donde:

$F$ : Fuerza que actúa sobre el agitador [121 N]

$L$ : Longitud de la cuchilla [0,39 m]

$$Q = \frac{121 \text{ N}}{0,39 \text{ m}} = 310,25 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para el análisis de la cuchilla se plantea la siguiente configuración como se muestra en la figura 38, con ayuda del software Mdsolids, se determinó los momentos y fuerzas cortantes.

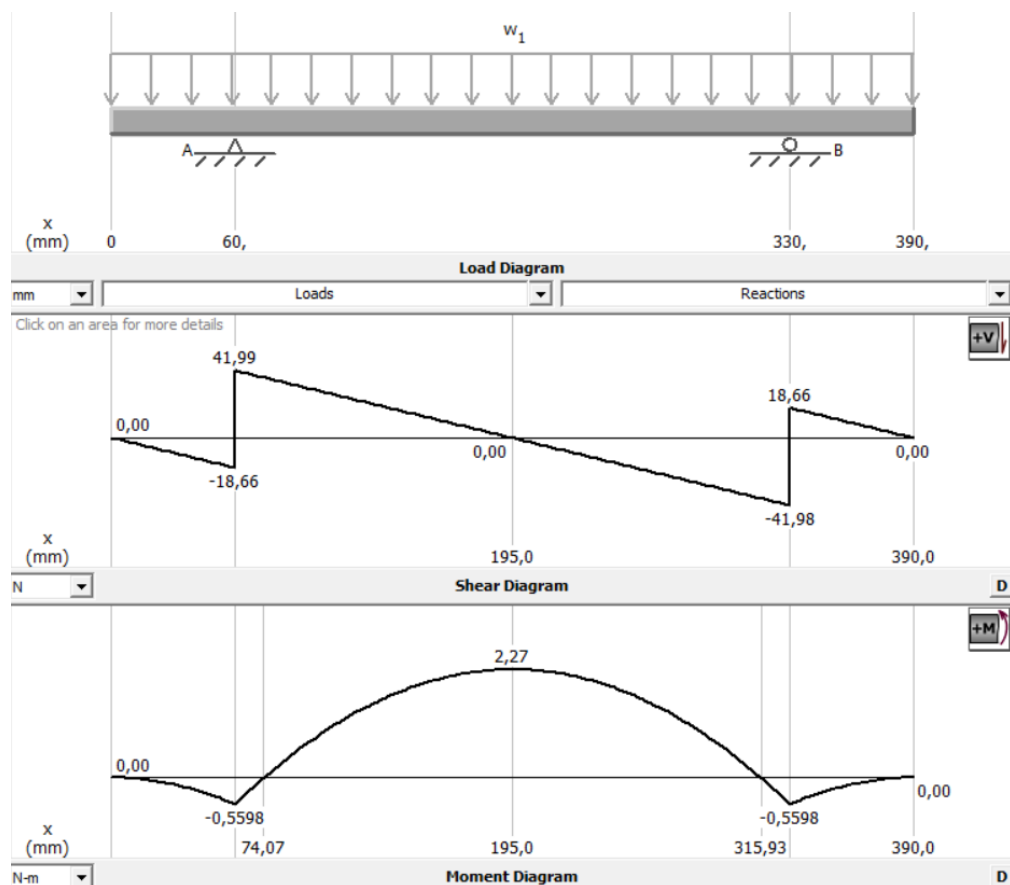


Figura 38. Diagrama de momentos y fuerza cortante en las paletas. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

El momento máximo según la Figura 38, se encuentra en el punto medio de la cuchilla debido a que los soportes están en los extremos, para el análisis se toma este valor.

$$M_{max} = 2,27 \text{ N m}$$

Aplicando la fórmula de esfuerzo permisible con el factor de seguridad de 2,5 utilizado anteriormente para el diseño, se tiene el siguiente resultado, el material seleccionado para la cuchilla es de acero inoxidable AISI 316, debido a que las paletas están en contacto directo con el producto debe ser resistente a la corrosión por ácido.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{276 \text{ MPa}}{2,5} = 110,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n}$$

Los valores de esfuerzo de fluencia se detallan en el Anexo 3, para acero inoxidable AISI 316, el factor de seguridad seleccionado según la Tabla 8, es de 2.5, tomando en cuenta estos valores se tiene lo siguiente:

$$\sigma_{perm} = \frac{276 \text{ MPa}}{2,5} = 110,4 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{M_{max}}{S}$$

$$110,4 \text{ MPa} = \frac{2,27 \text{ N m}}{S}$$

$$S = \frac{2,27 \text{ N m}}{110,4 \text{ MPa}} = 2,1 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

Para determinar el espesor se utiliza la ecuación (29).

$$S = \frac{h \times b^2}{6} \quad (29)$$

$$2,1 \times 10^{-8} m^3 = \frac{0,04 m \times b^2}{6}$$
$$b = \sqrt{\frac{6(2,1 \times 10^{-8} m^3)}{0,04 m}} = 1,75 \times 10^{-3} m$$

$$b = 1,75 mm$$

El espesor seleccionado para la cuchilla es de 4 mm, con la finalidad de aumentar la vida útil de la misma, así como para facilitar el proceso de diseño y adquisición del material en bruto.

### 3.11. Diseño de la estructura del bastidor

La estructura es el elemento que se encarga de soportar todos los elementos mecánicos que componen la máquina despulpadora de frutos. Además, el objetivo principal es la de brindar estabilidad y firmeza a la máquina despulpadora, para que esta pueda trabajar de manera eficiente.

En la Figura 39 se muestra la configuración de la estructura.

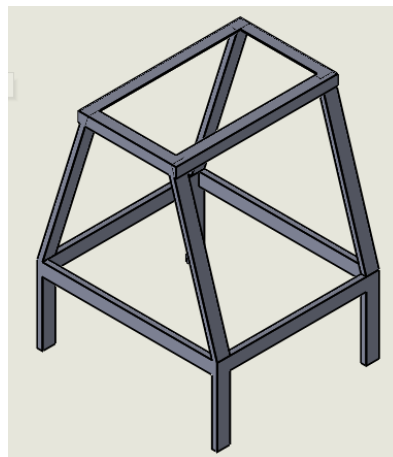


Figura 39. Configuración geométrica del bastidor. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para determinar el perfil utilizado en el bastidor, es necesario determinar la carga total que se produce en los perfiles por efectos del peso de los elementos estático y las fuerzas que producen los demás elementos dinámicos. El peso aproximado de los componentes de la máquina es de 40 Kg.

$$P = F_{agitador} + W_{componentes}$$

$$P = 253 \text{ N} + 392 \text{ N} = 645 \text{ N}$$

Una vez que se ha determinado la carga total que debe soportar la estructura, se realiza un análisis de esfuerzos para vigas con ayuda del software Mdsolids, para determinar el diagrama de momentos y fuerzas cortantes.

$$Q = \frac{F}{L}$$

$$Q = \frac{635 \text{ N}}{0,63 \text{ m}} = 1007,9 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

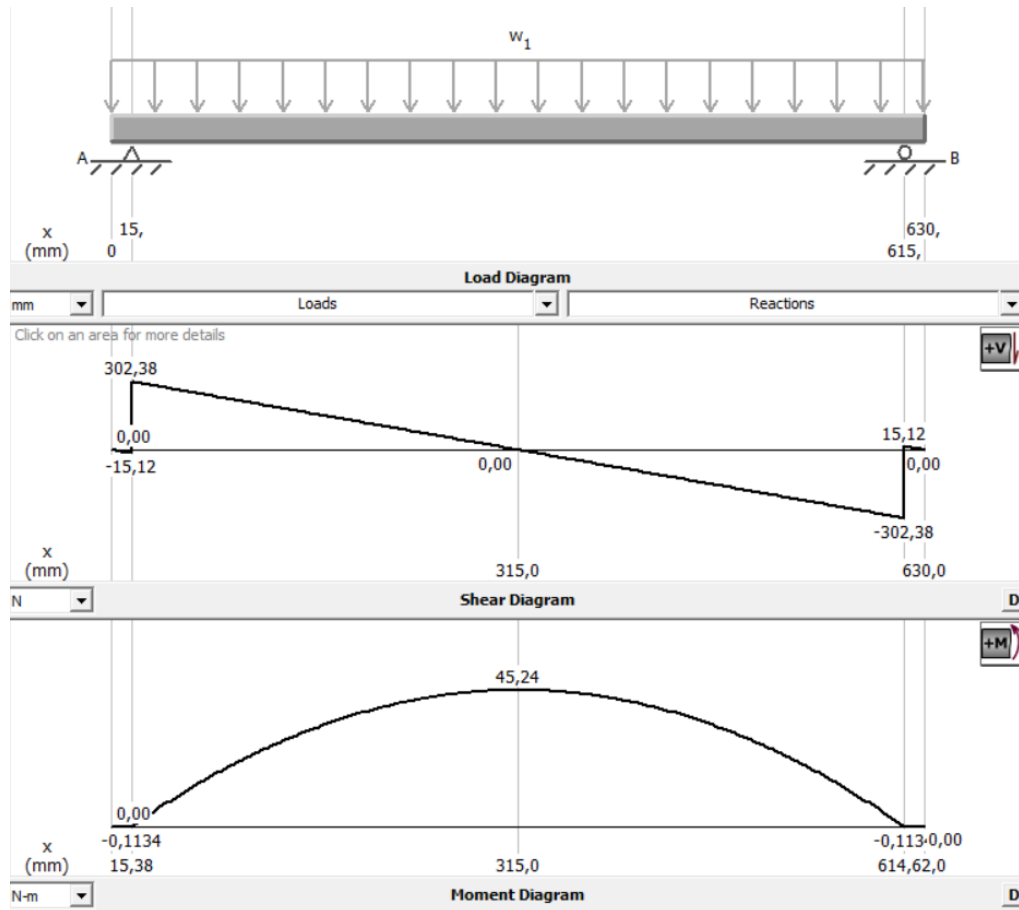


Figura 40. Diagrama de momentos y fuerzas cortantes. Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para seleccionar le perfil adecuado para la estructura, se aplica la fórmula del módulo de la sección.

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma}$$

Donde:

$M_{max}$ : Momento máximo [45,24 Nm]

$\sigma$ : Esfuerzo a flexión del acero A36 [Ksi]

Para calcular el esfuerzo a flexión del acero A36, es necesario utilizar un factor de corrección como se muestra en la ecuación (30), el esfuerzo de fluencia como su nombre lo menciona es de 36 Ksi.

$$\sigma = 0,66 \times S_y$$

$$\sigma = 0,66 \times 36 \text{ Ksi} = 23,76 \text{ Ksi} = 24 \text{ Ksi}$$

$$M_{max} = 45,24 \text{ N m} = 398,3 \text{ Lb} - \text{plg}$$

$$S = \frac{398,3 \text{ Lb} - \text{plg}}{24 \text{ Ksi}} = 0,0165 \text{ plg}^3$$

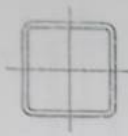
Con el módulo de la sección obtenido, se debe verificar en el catálogo de perfiles de la AISC, para seleccionar el más adecuado, en primera instancia el perfil debe ser un tubo cuadrado para tener una mejor estabilidad, en la Figura 40, se muestran los perfiles cuadrados A36, que se pueden seleccionar.

Con el dato obtenido de módulo de la sección se procede a seleccionar un perfil con un módulo de la sección que más se aproxime al que se calculó, en este caso se tiene un perfil de  $2 \text{ plg} \times 2 \text{ plg} \times 0,1875 \text{ plg}$ .

Realizando la comparación con el valor del catálogo, se verifica que este dentro del rango, es decir que el valor de módulo de la sección no debe ser mayor al del catálogo para hacer una selección correcta.

$$S \leq S_{AISC}$$

$$0,0165 \leq 0,65$$



**STRUCTURAL TUBING**  
Square  
Dimensions and properties

Dimensions			Properties**						
Nominal* Size	Wall Thickness		Weight per Ft	Area	<i>I</i>	<i>S</i>	<i>r</i>	<i>J</i>	<i>Z'</i>
In.	In.		Lb.	In. <sup>2</sup>	In. <sup>4</sup>	In. <sup>3</sup>	In.	In. <sup>4</sup>	In. <sup>3</sup>
4.5x4.5	0.2500	1/4	13.91	4.09	12.1	5.36	1.72	19.7	6.43
	0.1875	3/16	10.70	3.14	9.60	4.27	1.75	15.4	5.03
4x4	0.5000	1/2	21.63	6.36	12.3	6.13	1.39	21.8	8.02
	0.3750	3/8	17.27	5.08	10.7	5.35	1.45	18.4	6.72
	0.3125	5/16	14.83	4.36	9.58	4.79	1.48	16.1	5.90
	0.2500	1/4	12.21	3.59	8.22	4.11	1.51	13.5	4.97
	0.1875	3/16	9.42	2.77	6.59	3.30	1.54	10.6	3.91
3.5x3.5	0.3125	5/16	12.70	3.73	6.09	3.48	1.28	10.4	4.35
	0.2500	1/4	10.51	3.09	5.29	3.02	1.31	8.82	3.70
	0.1875	3/16	8.15	2.39	4.29	2.45	1.34	6.99	2.93
3x3	0.3125	5/16	10.58	3.11	3.58	2.39	1.07	6.22	3.04
	0.2500	1/4	8.81	2.59	3.16	2.10	1.10	5.35	2.61
	0.1875	3/16	6.87	2.02	2.60	1.73	1.13	4.28	2.10
2.5x2.5	0.3125	5/16	8.45	2.48	1.87	1.50	0.888	3.32	1.96
	0.2500	1/4	7.11	2.09	1.69	1.35	0.899	2.92	1.71
	0.1875	3/16	5.59	1.64	1.42	1.14	0.930	2.38	1.40
2x2	0.3125	5/16	6.32	1.86	0.815	0.815	0.662	1.49	1.11
	0.2500	1/4	5.41	1.59	0.766	0.766	0.694	1.36	1.00
	0.1875	3/16	4.32	1.27	0.668	0.668	0.726	1.15	0.840

Figura 41. Dimensiones de perfiles estructurales [40]

Para visualizar los efectos que produce la carga sobre el bastidor, se realiza un análisis estático con la ayuda del software SolidWorks, en el cual se puede observar el desplazamiento que va a tener la estructura.



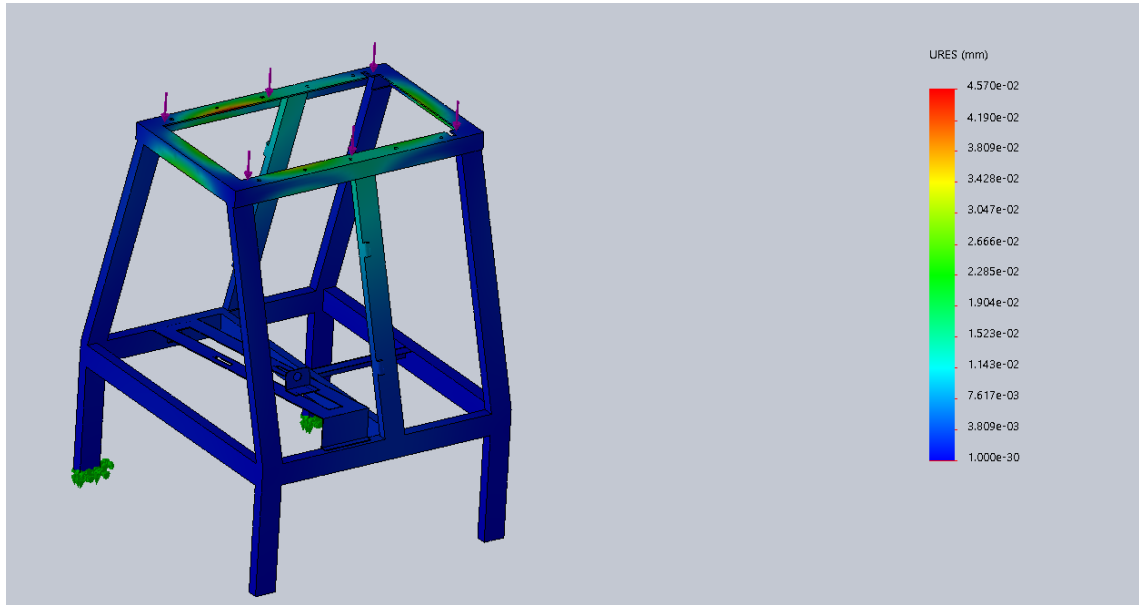


Figura 42. Resultado de desplazamiento de los perfiles por efecto de la carga. Elaborado por:  
Estefanía Paucar y Edwin Borja

Del resultado mostrado en la Figura 42, se puede visualizar que los desplazamientos de los perfiles estructurales son muy bajos, teniendo como puntos críticos los de color rojo que arrojan un valor de 0,0457 mm y el valor mínimo de desplazamiento representado por el color azul, con un valor de 0,001 mm

### 3.11.1. Máxima deflexión que soporta el perfil de la estructura seleccionada

Para determinar la deflexión máxima que soporta la viga, se debe hacer una relación con respecto a la deflexión producida por la carga distribuida. Para determinar el desplazamiento, se aplica la ecuación (34).

$$Y_{max} = \frac{5 QL^3}{384 EI} \quad (34)$$

Donde:

$Q$ : Carga distribuida  $[5,76 \frac{lb}{plg}]$

$E$ : Módulo de elasticidad acero ASTM A 36  $[29000 Ksi]$

$I$ : Inercia del perfil  $[0,668 plg^3]$

$L$ : Longitud de la viga  $[24,80 plg]$

$$Y_{max} = \frac{5 (5,76 \frac{Lb}{Plg}) \times (24,80 plg)^3}{384 \times (29000 Ksi) \times (0,668 plg^3)} = 5,80 \times 10^{-5} plg$$

Para determinar el desplazamiento máximo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\Delta y_{max} = \frac{L}{240} = \frac{24,80}{240} = 0,103 Plg$$

$$5,80 \times 10^{-5} plg < 0,103 Plg$$

Comparando los resultados, se observa que el desplazamiento máximo ejercido por la carga distribuida sobre la estructura es menor con respecto al máximo recomendado lo que quiere decir que el diseño está correcto.

### 3.11.2. Análisis de la soldadura en la estructura

Para determinar si el cordón de soldadura es el adecuado para soportar la carga mencionada, se compara el límite de fluencia del cordón con respecto al límite producido por la carga sobre la estructura.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$A = \cos 45^\circ \times h \times l$$

Donde:

$h$  = altura de la garganta de la soldadura

$l$  = longitud del cordón de soldadura

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{635N}{\cos 45^\circ \times 2 mm \times 25,4 mm} = 17,68 MPa$$

En el Anexo 7, se determina el límite de fluencia para el electrodo 6011, con este valor se realiza la comparación con respecto al esfuerzo por flexión.

$$S_y \geq \sigma$$

$$424 \text{ MPa} \geq 17,68 \text{ MPa}$$

### 3.12. Protocolo de pruebas

Se realizó varios ensayos con 30 kg de capulí para conocer el volumen de pulpa que se obtiene al ser procesada, obteniendo como resultados lo siguiente:

Tabla 9. Valores obtenidos de pulpa al ser procesada en la despulpadora

#	Kg ingresados en la tolva	Tiempo de proceso (s)	Volumen obtenido (L)	Kg de semillas
1	1.5	50	1	0.75
2	2	64	1.75	1
3	3	85	3.25	0.75
4	3	108	2.5	0.5
5	1	35	0.5	0.3
6	3	88	1.4	1.2
7	3	140	2	1.1
8	2	110	1.5	0.6
9	2	130	1	0.4
10	1	32	0.75	0.2
11	3	102	2.75	1.15
12	2.5	121	1.9	0.8
13	1.5	68	1.25	0.65
14	1.5	42	0.75	0.85
<b>Total</b>	<b>30</b>	<b>1175</b>	<b>22.3</b>	<b>10.25</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Luego de haber realizado las pruebas para comprobar el correcto funcionamiento de la máquina se determinó que con 30 kg de capulí utilizados para los ensayos se obtuvo un volumen de pulpa de 22.3 litros en aproximadamente 20 minutos, lo que demuestra que la máquina funciona de una manera eficiente logrando obtener la capacidad requerida en menos tiempo del que se propuso. Se determinó de igual manera el peso de las semillas una vez realizado el proceso de despulpado obteniendo un valor de 10.25 Kg.

Hay que tener en cuenta que el fruto de capulí varía en cuanto a tamaño por lo que al procesar una cantidad establecida del fruto se obtiene diferentes volúmenes de pulpa como se puede observar en la Tabla 9. Esto se debe a que la densidad del capulí varía de acuerdo a su tamaño.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE COSTOS PARA LA MÁQUINA DESPULPADORA DE CAPULÍ

Para la valorización de la máquina despulpadora de capulí se toma en cuenta la materia prima, mano de obra, equipos, herramientas y taller para la construcción de la máquina, a continuación, se detalla los costos directos e indirectos.

Los costos directos son:

- Costo de materia prima
- Costo de fabricación y maquinado
- Costo de mano de obra

Los costos indirectos son:

- Costos no recuperables
- Costos de materiales consumibles

Obteniendo en cuenta todos los costos que involucran en la construcción de la máquina, se especifican cada uno de ellos.

#### 4.1. Costos directos

Son aquellos costos que se considera cuando se elabora el producto deseado o se desea brindar un servicio, por ejemplo, se tiene: diseño, materia prima, elementos normalizado, maquinado y el costo de mano de obra, como se indica en la Tabla 10.

Los valores de los precios como son mano de obra y servicios son facilitados por el taller mecánico MAYPROM.

Tabla 10. Detalle del costo de cada material

Proveedor	Descripción	Cant.	c/u \$	Total \$
Proviaceros	Plancha inoxidable 3mm	1	310	347,2
Reper metal	Lamina perforada inox. 1,5mm x 3mm x 1000 x 2000mm	1	350	392,00
Turbo escape	Servicio de rolado	2	45	90,00
Proviaceros	T. Rectangular 50 x 25 x 2,0 (13,62kg)	1	25,33	21,21
	Ángulo 1" x 2,0 mm (25 x 2,00 mm) 4,52 Kg	1	15,72	
	Ángulo 1 1/2" x 1/8 (40 x 3 mm) 10,88 Kg	1	21,59	11,68
	T. Rectangular 50 x 25 x 2,0 (13,62kg)	1	23,8	26,66
			<b>TOTAL</b>	<b>888,75</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Tabla 11. Detalle del costo de materiales eléctricos

Descripción	Cant	C/u (\$)	Total(\$)
Arranque LS.7-10A,con relé térmico	1	60,58	61,58
Pulsador tipo hongo rojo	1	6,50	6,50
Caja plástica amarilla con hueco	1	5,00	5,25
Varios(cable, amarras, terminales)	1	6,56	6,56
Instalación, puesta en marcha	1	30,00	30,00
		<b>TOTAL</b>	<b>109,89</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.2. Costos de elementos normalizados

Son aquellos elementos que se encuentran con facilidad en el mercado, estos se los puede hallar en catálogos normalizados y se los encuentra en ferreterías industriales, como se indica en la Tabla 12.

Tabla 12. Costos de elementos normalizados

Proveedor	Descripción	Cant	C/u \$	Total \$
Grijalva Wilson	Chumaceras piso 1"	2	15	30,00
Grijalva Wilson	Polea alum. 2" x 2canales	1	3,12	8,47
	Polea alum. 4" x 2 canales	1	5,35	
Global pernos	Perno hex. Mm inox 8x1,25x25	28	0,24	14,35
	Rodela plana inox 5/16	24	0,07	
	Tuerca hex mm inox 8x1,25	24	0,09	
	Perno hex mm inox 6x1,0x25	4	0,1	
	Rodela plana inox 1/4	4	0,04	
	Tuerca hex mm inox 6x10	4	0,04	
	Perno hex g8 unc 3/8 1	4	0,2	
	Rodela plana europea mm 10 galvanizado	4	0,03	
	Tuerca hex. gs unc 3/8	4	0,12	
	Prisionero Allen unc 3/8 x 1/2	1	0,6	
	Prisionero Allen unc 5/15 x 1/2	1	0,6	
Suprinsa su proveedor industrial	Anillo plano acero inoxidable 5/16"	3	0,07	2,22
	Pernos acero inox. hex. 8x1,25x20mm	3	0,14	
	Pernos acero inox. hex. 3/8x5 h/parcial	2	0,81	
	Tuercas mili. acero inox. hex. unc. 8x1.25	3	0,05	
Pillalaza condor gloria	Alambre gemelo 2x16	2	0,54	2,21
	Enchufe bundado 3/p tegable	1	0,89	
			<b>TOTAL</b>	<b>57,25</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.3. Costo mano de obra

El trabajo realizado por un operario utilizando máquinas como: soldadura, torno, taladro, pintura, etc. El precio de mano de obra se establece de acuerdo al salario del trabajador, en caso del Ecuador el Ministerio de Trabajo acordó un salario mínimo de 386 dólares, con lo cual se tiene un costo de mano de obra de 1,60 dólares la hora, en el caso de un trabajador técnico especialista el salario por hora es de 2,50 la hora, considerando un sueldo mínimo de 600 dólares mensuales, como se indica en la Tabla 13.

Tabla 13. Costo de mano de obra

Servicio	Días laborables (días)	Horas de trabajo (horas)	Costo por hora (\$)	Total (\$)
Torno	4	24	2,50	60
Fresadora	2	16	2,50	40
Taladro	5	40	2,50	100
Roladora	1	3	2,50	7,5
Soldadura SMAW	3	24	2,50	60
Soldadura GTAW	4	32	2,50	80
Montaje/Ensamble	7	56	4,00	224
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>195</b>		<b>571,5</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.4. Costo total directo

En la siguiente Tabla 14 se encuentra los servicios derivados de los costos directos la cual se obtiene su valor total.

Tabla 14. Costo total directo

Costos	Valor Total(\$)
Materiales directos	888,75
Sistema Eléctrico	109,89
Elementos normalizados	57,25
Mano de obra	571,5
<b>Subtotal</b>	<b>1627,39</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.5. Costos indirectos

Son todos aquellos costos originados durante el proceso de elaboración del producto, que no logran ser asociados al producto, que no son identificables fácilmente y por lo tanto no pueden ser constituidos a un área de costos.

En el caso de la máquina despulpadora de capulí se tienen principalmente como costos indirectos los elementos consumibles los cuales se manipulan en el proceso de fabricación y montaje, también de los costos no recuperables.

##### 4.5.1. Costos no recuperables

Son aquellos los cuales es difícil suponer el costo por hora o a la vez no es factible hacerlo, en lo cual se encuentran la utilización de herramientas o accesorios necesarios para la fabricación de la máquina, a continuación, en la Tabla 15, se detallan cada uno de estos.

Tabla 15. Detalle de los costos no recuperables

COSTOS NO RECUPERABLES			
DETALLE	PERIODO DE TRABAJO	VALOR HORA [USD]	TOTAL [USD]
Taladro de mano	6	3,5	21
Cizalla	1	2	2
Esmeril	10	1	10
Amoladora	10	0,9	9
Instrumentos de medidas	80	0,4	32
Varoladora de planchas	1	3,5	3,5
TOTAL			77,5

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

##### 4.5.2. Costos de elementos consumibles

Son todos los consignados a una transformación, en el cual no se puede identificar con el producto finalizado, son difíciles de considerar debido a que en la totalidad de los casos no se sabe el monto exacto que se va a utilizar, en la Tabla 16 se muestran los detalles de cada elemento.

Tabla 16. Detalle de costos de los elementos consumibles

COSTOS DE ELEMENTOS CONSUMIBLES			
DETALLE	CANTIDAD USADA	VALOR UNITARIO [USD]	TOTAL [USD]
Disco de lija	4	4,75	19
Caja de electrodo ER 308 L	2	45	90
Limpiador desoxidante	1	3,5	3,5
Gafas	1	4	4
Lijas N° 150	8	0,45	3,6
Guaípe	10	0,1	1
Guantes	2	1,5	3
<b>TOTAL</b>			<b>124,1</b>

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.6. Valor total de la máquina

Aquí se presenta el valor total de lo que cuesta la máquina con su normal funcionamiento, en la siguiente Tabla 17 se presenta los rubros

Tabla 17. Valor total de la máquina

Costos	Total(\$)
Directos	<b>1627,39</b>
Indirectos	201,6
Total	1828,99

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.7. Análisis económico del proyecto

Para establecer la rentabilidad que tolera realizar el proyecto, es preciso realizar un análisis económico en donde se manifiesten los detalles de inversión inicial y las ganancias anuales que involucran la implementación de esta máquina, tomando en cuenta la depreciación que tienen este tipo de maquinarias, para este caso es de 10 años por ser maquinaria industrial con una tasa anual del 10 %, es decir el valor de una maquinaria disminuye con el pasar de los años.

$$\text{Depreciación anual} = \frac{\text{Costo total de la máquina}}{\text{Años de vida útil}}$$

$$\text{Depreciación anual} = \frac{1828,99 \text{ dólares}}{10 \text{ años}} = 182,899 \frac{\text{dólares}}{\text{año}}$$



Tabla 18. Gasto de depreciación

Datos		Años	Depreciación	Depreciación	Valor
			Anual(\$)	Acumulada(\$)	Anual(\$)
Precio Maquinario(\$)	1828,99	0	0	0	1828,99
Tiempo de vida útil(años)	10	1	164,61	164,61	1664,38
Tiempo de depreciación (años)	10	2	164,61	329,22	1499,77
Valor Residual	182,899	3	164,61	493,83	1335,16
Depreciación anual(\$/año)	164,61	4	164,61	658,44	1170
		5	164,61	823,05	1005,94
		6	164,61	987,65	841,33
		7	164,61	1152,26	676,72
		8	164,61	1316,87	512,11
		9	164,61	1481,48	347,50
		10	164,61	1646,09	182,89

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Para el estudio de ganancias y pérdidas que produce al pasar del tiempo en el valor del dinero, se va a utilizar procesos como el TMAR, VAN, TIR para comprobar que tan rentable es el proyecto en la temporada de capulí

#### 4.8. Flujo neto efectivo

Al determinar el flujo neto efectivo se considera el valor del dinero en un transcurso de un periodo de tiempo determinado mediante una tasa de interés, como se puede observar en las siguientes tablas.

Tabla 19. Promedio de egresos al mes de capulí

Descripción	Cant	c/u (\$)	Total(\$)
Salario Básico	1	386	386
Balde de capulí	900	20	18000
Servicios Básicos	1	75	75
Varios	1	30	40
<b>TOTAL</b>			18501

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Tabla 20. Flujo neto de efectivo mensual del capulí

Mes	Ingreso mensual (\$)	Egreso mensual(\$)	Depreciación mensual(\$)	Flujo neto de efectivo mensual (\$)
0				-1828,99
1	18750	18501	13,72	235,28
2	18750	18501	13,72	235,28
3	18750	18501	13,72	235,28
4	18750	18501	13,72	235,28

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Tabla 21. Flujo neto de efectivo

Proyección de ingresos			Proyección de egresos		Depreciación anual(\$)	Flujo neto de efectivo anual (\$)
Año	Ingreso mensual (\$)	Ingreso anual(\$)	Egreso mensual(\$)	Egreso anual(\$)		
0						-1828,99
1	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
2	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
3	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
4	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
5	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
6	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
7	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
8	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
9	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39
10	18750	75000	18501	74004	164,61	831,39

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### 4.9. Tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Es el valor porcentual que se acepta establecer al individuo que se va a realizar una inversión en un proyecto. Para saber si el proyecto genera ganancias o no utilizaremos la ecuación.

$$TMAR = i + f + (i * f)$$

Donde:

i = riesgo de inversión

f=inflación

El Banco Central del Ecuador no enuncia un pronóstico del índice inflacionario para los próximos cinco años, por lo cual se aprovecha el promedio de los índices de los últimos cinco años y tal premio de riesgo se toma un 10%, como indica la tabla 24.

Tabla 22. Índice inflacionario

Año	Porcentaje
2011	5,41
2012	4,16
2013	2,70
2014	3,67
2015	3,38
2016	1,12
	3,41

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

Tomando en cuenta lo anterior mencionado se procede a calcular el TMAR:

$$\text{TMAR} = 0,034 + 0,10 + (0,034 * 0,10)$$

$$\text{TMAR} = 13,75\%$$

#### 4.10. Tasa mínima aceptable de rendimiento (VAN)

Al restar la suma de flujo con la inversión del inicio se logra el valor monetario

$$\text{VAN} = \frac{f_1}{(1+i)^{n1}} + \frac{f_2}{(1+i)^{n2}} + \frac{f_3}{(1+i)^{n3}} + \frac{f_4}{(1+i)^{n4}} \dots \dots \dots \frac{f_k}{(1+i)^{nk}} - I_0$$

Donde:

f: Flujo efectivo de cada periodo

i: Interés

n: Número de periodo

$I_0$ : Valor del desembolso inicial de la inversión

$$\text{VAN} = 196458,71\$$$

El valor de VAN se evalúa mediante los siguientes criterios:

- $\text{VAN} > 0$  La inversión es rentable, lo cual se tienen ganancias con una tasa mayor al TMAR

- VAN=0 La inversión es indiferente, lo cual la ganancia corresponde solo al TMAR
- VAN < 0 La inversión no es rentable, lo cual el proyecto genera pérdidas

#### **4.11. Tasa interna de retorno (TIR)**

Es el beneficio del valor porcentual o pérdida en el cual presenta una inversión para aquellas sumas que no se retiran del proyecto. Es decir, la tasa de interés que ofrece una inversión.

$$VAN = \frac{f_1}{(1 + TIR)^{n1}} + \frac{f_2}{(1 + TIR)^{n2}} + \frac{f_3}{(1 + TIR)^{n3}} \dots \frac{f_k}{(1 + TIR)^{nk}} - I_0$$

Donde:

f: Flujo efectivo de cada periodo

n: Número de periodo

I<sub>0</sub>: Valor del desembolso inicial de la inversión

$$TIR = 88\%$$

El valor del TIR se evaluará mediante los siguientes criterios:

- TIR > i La inversión es rentable
- TIR = i La inversión es indiferente
- TIR < i La inversión no es rentable, lo cual genera pérdidas el proyecto

Lo cual i corresponde a la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR)

Por lo cual se puede observar calculando el VAN y el TIR tenemos que el VAN > 0 y el TIR > TMAR, se determina que el proyecto es viable y satisface las expectativas de la comunidad.

#### **4.12. Tiempo de la recuperación de la inversión**

Proceso por el cual se puede calcular y aplicar al periodo de recuperación de la inversión considerando una forma de medir la liquidez del proyecto, así como el riesgo relativo, permitiendo prever los eventos en corto plazo

$$PRI = A + \frac{|B|}{C}$$

Donde:

A: Período último con flujo acumulado fijo

B: Último flujo acumulado fijo

C: Valor del flujo de caja en el siguiente periodo

Tabla 23. Recuperación de la inversión

Año	Flujo neto (\$)	Flujo acumulado (\$)
1	-1828,99	-1828,99
2	831,39	-997,6
3	831,39	-166,21
4	831,39	665,18
5	831,39	1496,57
6	831,39	2327,96
7	831,39	3159,35
8	831,39	3990,74
9	831,39	4822,13
10	831,39	5653,52
11	831,39	6484,91

Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

$$PRI = 0 + \frac{|-997,6|}{831,39}$$

$$PRI = 1,2 \text{ años}$$

$$PRI = 1 \text{ año y 2 meses}$$

El PRI indica un resultado propicio ya que tiene un lapso de tiempo corto para la recuperación de la inversión.

## CONCLUSIONES

En la Parroquia de San José de Poaló, se presenta las condiciones agroecológicas más favorables para el cultivo del capulí, en su temporada se recolecta una cantidad, aproximadamente, de 10 toneladas, existiendo un desperdicio de 6 toneladas debido a la gran cantidad de fruto que existen en la zona, por lo cual buscan un método para reducir este desperdicio.

Mediante un estudio de los tipos de despulpadora que existen en el mercado, se tomó la decisión de diseñar y construir una máquina despulpadora horizontal debido a que posee una gran capacidad de producción; y tanto su limpieza como el mantenimiento es más factible que la vertical.

Se diseñó una despulpadora de 885 x 700 x 1184 mm con capacidad de 20 litros/hora, esta consiste de un motor de 1hp de 1200 rpm, mediante el uso de poleas se reduce la velocidad angular a 500 rpm que es requerida para el correcto despulpado; posee un eje que va acoplado a un bocín que se encarga de sujetar las paletas produciendo un giro rotacional para presionar el fruto contra el tamiz para realizar el despulpado y una carcasa que se encarga de que el fruto no se dispersé.

La presenta máquina produce un volumen de despulpado entre 50 a 70 litros /hora obteniendo una mayor capacidad de producción de la que se propuso por lo cual facilita una mayor cantidad de despulpado en menos tiempo.

Cumpliendo con el estudio de costos y observando los valores del TIR Y VAN de la máquina despulpadora de capulí, la micro empresa tendrá la oportunidad de recuperar todo el capital invertido en un lapso de 1 año y 2 meses, teniendo en cuenta que la máquina trabajará solo los 4 primeros meses del año.

## **RECOMENDACIONES**

La máquina puede trabajar con un motor de mayor capacidad de 1 HP, si se desea realizar un despulpado de un fruto que necesite una fuerza de corte mayor a la del capulí, para esto se debe realizar un estudio previo de la fruta que se desea despulpar para obtener sus fuerzas de cortes, para seleccionar el motor adecuado. Además, se debe regular las paletas de acuerdo al tamaño del fruto.

Si se requiere aumentar el volumen de despulpado se debe fabricar una tolva con mayor dimensión junto con un dosificador para el ingreso del fruto al tamiz.

Analizar una posible automatización en los procedimientos manuales de la máquina, como es el caso de la dosificación del fruto, de esta manera se puede tener menos tiempo de proceso y uso de recurso humano.

Se puede considerar la implementación de un sensor el cual nos indique el límite de recolección de pulpa, de esta manera evitar que sobrepase la capacidad del balde en el que será recolectado la pulpa, apagando inmediatamente la máquina.

El tamiz trabaja para frutos que tengan una dimensión mayor a los 3 mm, si se desea trabajar un fruto con una menor dimensión se puede reemplazar el tamiz tomando en cuenta que tenga las mismas dimensiones de diseño y que solo varíe el diámetro de las perforaciones para el despulpado.

## REFERENCIAS

- [1] Administración 2014-2019, «Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San José de Poaló,» [En línea]. Available: <http://sanjosedepoalo.gob.ec/cotopaxi/?p=96>.
- [2] Administración 2014-2019, «Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial de San José de Poaló,» [En línea]. Available: <http://sanjosedepoalo.gob.ec/cotopaxi/?p=69>.
- [3] Administración 2014-2019, «Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de San José de Poaló,» [En línea]. Available: <http://sanjosedepoalo.gob.ec/cotopaxi/?p=74>.
- [4] Distribuidora IMARCA C.A., «DISTRIBUIDORA IMARCA C.A.,» Despulpadoras semi industriales, 2006. [En línea]. Available: <http://www.imarca.com.ve/Despulpadoras-de-frutas.php>.
- [5] «ACER & CO,» [En línea]. Available: <http://www.aceryco.com/>.
- [6] S. L. Downey y A. F. Iezzoni, «Polymorphic DNA Markers in Black Cherry (*Prunus serotina*) Are Identified Using Sequences from Sweet Cherry, Peach, and Sour Cherry,» American Society for Horticultural Science, vol. 125, n° 1, pp. 76-80, 2000.
- [7] J. Fresnedo Ramirez, S. Segura y A. Muratalla Lúa, «Morphovariability of capulí (Prunus serotina Ehrh.) in the central-western region of Mexico from a plant genetic resources perspective,» Genet Resour Crop Evol, p. 58:481, 2011.
- [8] J. Flores, «Estudio de capulí e introducción en la cocina de la sierra,» de Tesis de Administrador Gastronómico. Universidad Tecnológica Equinoccial Escuela de Gastronomía, Quito. Ecuador, 2008, pp. pp. 6-34..
- [9] C. Ruales , «Estudios para la recuperación de la flora nativa en el valle de Tumbaco Distrito Metropolitano de Quito: Inventario Florístico y ensayo de propagación vegetativa,» de Tesis en Magíster Scientiae. Gestión Ambiental, Quito. Ecuador, Universidad San Francisco de Quito, 2007, p. p. 144.
- [10] M. Bährle Rapp, «Prunus serotina,» de Springer Lexikon Kosmetik und Körperpflege, Berlin, Heidelberg, Springer, 2007, pp. 459-459.



- [11] C. Vázquez Yanes, A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo, «Prunus Serotina,» de ARBOLES Y ARBUSTOS NATIVOS POTENCIALMENTE, México, Universidad Autónoma de México, 1999, pp. 227-229.
- [12] F. Alvaréz, «IMPORTANCIA DEL CAPULÍ,» Importancia ABCDE, 16 04 2000. [En línea]. Available: <https://www.importancia.cc/capuli/>.
- [13] V. M. Patiño, Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico, Colombia: CIAT, 2002.
- [14] S. Buczacki, Frutas de jardín, Madrid: Tursen Hermann Blume Ediciones, 1994.
- [15] M. Jimenez, I. Castillo, E. Azuara y C. I. Beristain, «ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS DE CAPULIN (Prunus serotina subsp capuli),» Revista Mexicana de Ingeniería Química, vol. 10, n° 1, pp. 29-37, 2011.
- [16] M. Martinez, de Plantas Medicinales de México, México, Botas, 1991, pp. 61-62.
- [17] A. Argueta , de Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana, México, Instituto Nacional Indigenista, 1994, pp. 319-320.
- [18] G. Hernández Rodríguez, T. Espinosa Solares, A. Pérez López, I. Salgado Escobar y D. Guerra Ramírez, «Capacidad antioxidante de frutos de capulín (Prunus serotina subsp. capuli (Cav). McVaugh) a,» Ecosistemas y recursos agropecuarios, vol. 6, n° 16, pp. 35-44, 2019.
- [19] D. R. Askeland, P. P. Fulay y W. J. Wright, «Aceros inoxidables,» de Ciencia e ingeniería de materiales, México, CENGAGE Learning, 2012, pp. 519-522.
- [20] J. F. Shackelford, «Aceros de alta aleación,» de Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros, Madrid, Pearson Educación, S.A., 2005, pp. 398-400.
- [21] R. Ospina Lopez, H. Aguirre Corales y H. Parra L, «Soldabilidad en aceros inoxidables y aceros disimiles,» Scientia Et Technica, vol. XIII, n° 34, pp. 273-278, 2007.
- [22] INDURA S.A., de Sistema de Materiales y Soldadura, Chile, Ograma, 2007, p. 172.

- [23] S. Wolff, «ACEROS INOXIDABLES,» NKS de MEXICO, 1989. [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/aceros-inoxidables-316/>. [Último acceso: 08 12 2018].
- [24] M. Acero, «Acero inoxidable 304 y 316: Distintos grados ofrecen resistencia única a la corrosión,» JN ACEROS, 1993. [En línea]. Available: <http://www.jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-304-316-resistencia-corrosion/>. [Último acceso: 09 12 2018].
- [25] P. Schweitzer, «Metallic Materials,» de Mechanical and Corrosion Properties, EEUU, Marcel Dekker, 2003.
- [26] «F I C H A T É C N I C A D E L A C E R O I N O X I D A B L E,» Carbone Stainless Steel, 1990. [En línea]. Available: <https://www.empresascarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>. [Último acceso: 09 12 2018].
- [27] METALACTUAL, «Consideraciones para trabajar acero inoxidable.,» de Procesos de soldadura , Bogotá, Legis S.A., 2010, pp. 19,21,22.
- [28] M. PASTOR, «Introducción a la metalurgia de la soldadura,» Riobamba, 2003, pp. 3,10,12,16,17,22,43,44.
- [29] O. Kjellberg, «SOLDEXA,» CENTRO DE CONOCIMIENTO ESAB, 1960. [En línea]. Available: <https://www.soldexa.com.pe/soldexa/sp/education/blog/proceso-de-soldadura-tig.cfm>. [Último acceso: 18 12 2018].
- [30] S. Septiembre, «XORNADAS DE TRANSPORTE E MANTENIMIENTO DE VEHICULOS,» Proceso TIG, 2012. [En línea].
- [31] B. Federick y H. Eugene, Física General Schaum, México D.F: McGraw-Hill, 1998.
- [32] B. Richard y N. Keith, Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, México D.F: McGraw-Hill, 2008.
- [33] Carbone Stailess Steel , «Ficha técnica del acero inoxidable,» [En línea]. Available: <https://www.empresascarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>. [Último acceso: 28 02 2019].
- [34] E. Defaz y F. Tuza, Diseño y contrucción de una despulpadora de frutas horizontal, con una capacidad de producción de 250 Kg/h, Quito, 2011.

- [35] A. Videla, Manual de motores eléctricos, 2010.
- [36] Siemens, «Motores eléctricos,» 2012.
- [37] R. Mott, Diseño de elementos de máquinas, Mexico D.F: Pearson Education, 2006.
- [38] R. Norton, Diseño de máquinas, Mexico D.F: Pearson, 2011.
- [39] Fag, «Rodamientos Fag,» Barcelona, 2000, pp. 34,35.
- [40] FESTO, «Cilindros Normalizados DNC, ISO 15552,» 2018.

## ANEXOS

### Anexo 1: catálogo para platinas de acero inoxidable

#### • 1 Platinas en Acero Inoxidable

Denominación pulg.	Dimensiones		Peso Kg/6m
	a mm	e mm	
1 X 1/8"	25	3	3.53
1 X 3/16"	25	4	4.71
1 X 1/4"	25	6	7.07
1 1/2 X 1/8"	38	3	5.37
1 1/2 X 3/16"	38	4	7.16
1 1/2 X 1/4"	38	6	10.74
1 1/2 X 3/8"	38	9	16.11
2 X 1/8"	50	3	7.07
2 X 3/16"	50	4	9.50
2 X 1/4"	50	6	14.13
2 X 3/8"	50	9	21.20
2 X 1/2"	50	12	28.26
3 X 1/8"	75	3	10.71
3 X 3/16"	75	4	14.40
3 X 1/4"	75	6	20.07
3 X 3/8"	75	9	31.80
3 X 1/2"	75	12	42.39
4 X 3/8"	100	9	42.40
4 X 1/2"	100	12	56.52

## Anexo 2: Valores para el factor de servicio

Factor de servicio	Motores eléctricos:	Motores eléctricos:
	<ul style="list-style-type: none"> <li>De corriente alterna monofásicos</li> <li>Asíncronas</li> <li>Jaula de ardilla de par normal</li> <li>De corriente continua bobinado shunt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>De corriente alterna con par de gran potencia</li> <li>De rotor bobinado y anillos rozantes</li> <li>De corriente continua bobinado compound</li> </ul>
	Motores a gas	Motores monocilíndricos
	Motores de combustión interna policilíndricos	Ejes de transmisión Tomas de fuerza con embrague
Agitadores de líquidos	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
Ventiladores pequeños y medianos		
Bombas centrífugas.		
Punzonadoras	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
Mezcladoras pequeñas y medianas		
Generadores		
Compresores de tornillo		
Cizallas		
Prensas		
Máquinas de imprenta		
Cribas vibratorias		
Elevadores	1,2 a 1,4	1,4 a 1,6
Compresores de pistones		
Maquinaria de lavanderías		
Bombas de pistones		
Ventiladores grandes		
Maquinaria textil		
Máquinas herramientas		
Malacates y huinches	1,3 a 1,5	1,5 a 1,8
Molinos		
Chancadoras de mandíbulas		
Transportadora de correa sinfin		

Anexo 3: Valor de los esfuerzos para los aceros.

Tabla A-22

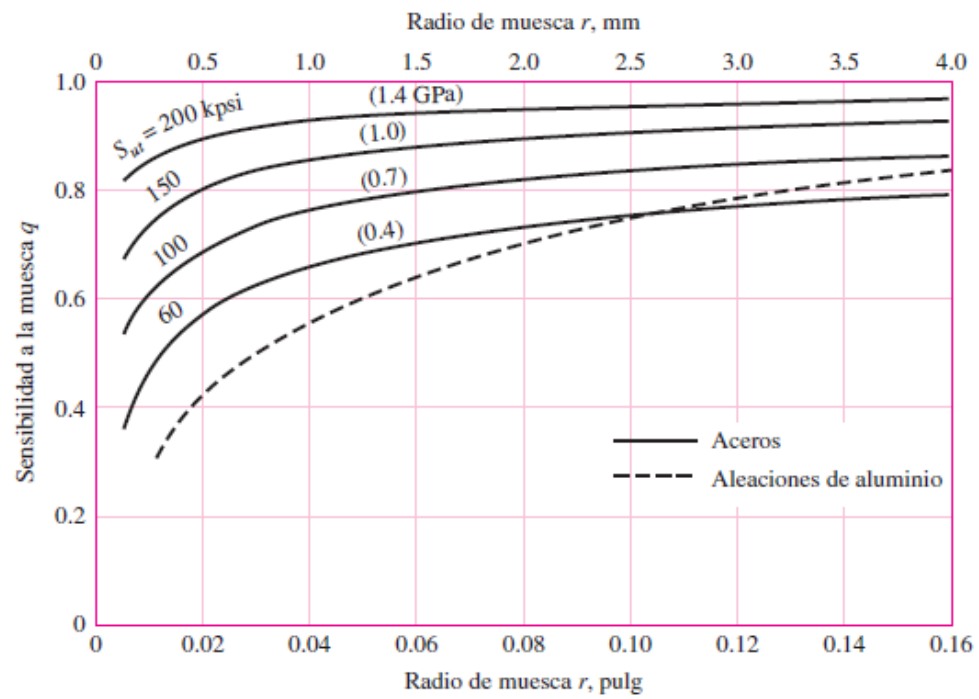
Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe), *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)				Resistencia a la deformación, exponente $m$	Resistencia a la fractura $\epsilon_f$
			Fluencia $S_y$	Última $S_u$	A la fractura, $\sigma_f$	Coefficiente $\sigma_w$		
			MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)	MPa (kpsi)		
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>†</sup>	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) <sup>†</sup>	0.041	0.81
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) <sup>†</sup>	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) <sup>†</sup>	1 410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) <sup>†</sup>	1 270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) <sup>†</sup>	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) <sup>†</sup>	882 (128)	0.13	0.18

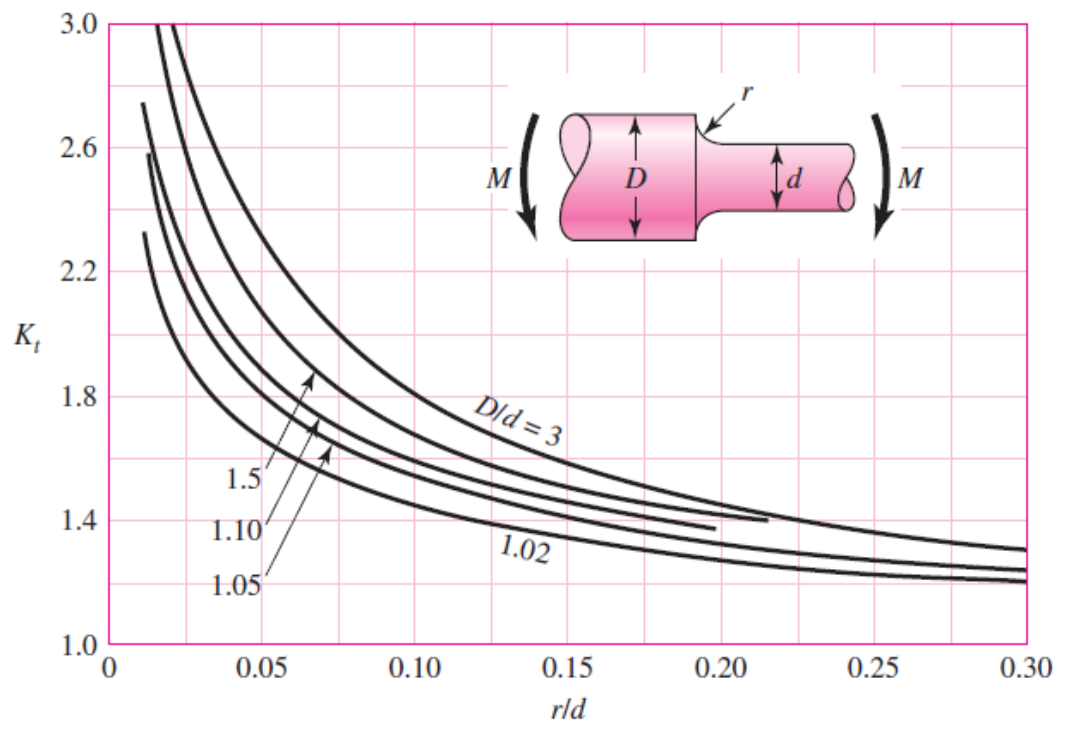
\*Los valores se tomaron de una o dos coladas y se consideran que pueden obtenerse usando especificaciones de campo. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

<sup>†</sup>Valor derivado.

**Anexo 4: Figura para encontrar el valor de sensibilidad de la muesca.**



**Anexo 5: Figura para determinar el factor de concentración de esfuerzos.**





## Anexo 6: Tabla para seleccionar la chumacera adecuada para el trabajo.

**Table 3 - Easy Selection For Polymer And Stainless Steel Housed E-Z KLEEN  
Ball Bearing Mounted Bearings - Metric**

RING SIZE	SHAFT SIZE	DYNAMIC CAPACITY C, N	STATIC CAPACITY C0, N	L10 LIFE HOURS	ALLOWABLE EQUIVALENT RADIAL LOAD RATINGS (N) AT VARIOUS RPM*																		
					50	150	250	500	750	1000	1500	1750	2000	2500	3000	3500	4500	5000	5500	7500	9500	11000	12000
204	20mm	12895	6183	20000	3292	2291	1935	1535	1334	1223	1068	1001	956	890	845	801	734	712	689	623	574	547	529
				30000	2869	2002	1690	1334	1156	1068	934	890	845	778	734	689	645	623	600	534	503	476	463
				40000	2624	1824	1535	1223	1068	956	845	801	756	712	667	645	578	556	556	489	454	431	423
				60000	2291	1579	1334	1068	934	845	734	689	667	623	578	556	512	489	467	423	396	378	369
				100000	1935	1334	1134	890	778	712	623	578	556	512	489	467	400	423	400	356	334	320	311
205	25mm	13993	6961	20000	3581	2491	2091	1668	1446	1312	1156	1090	1045	979	912	867	801	778	756	667	622	592	574
				30000	3136	2157	1824	1446	1268	1156	1001	956	912	845	801	756	689	667	645	578	542	516	503
				40000	2847	1979	1668	1312	1156	1045	912	867	823	778	734	689	623	600	600	534	494	472	458
				60000	2491	1712	1446	1156	1001	912	801	756	734	667	623	600	556	534	512	467	431	409	400
				100000	2091	1446	1223	979	845	778	667	645	600	556	534	512	467	445	400	365	347	338	
206	30mm	19429	10008	20000	4960	3447	2913	2313	2024	1824	1601	1512	1446	1357	1268	1201	1112	1068	1045	934	862	823	
				30000	4337	3002	2535	2024	1757	1601	1401	1334	1268	1179	1112	1045	979	934	912	814	756	716	
				40000	3936	2736	2313	1824	1601	1446	1268	1201	1156	1068	1001	956	890	845	823	743	685	654	
				60000	3447	2380	2024	1601	1401	1268	1112	1045	1001	934	890	845	778	734	712	649	600	569	
				100000	2913	2024	1690	1357	1179	1068	934	890	845	778	734	712	645	623	600	547	503	480	
207	35mm	25616	13633	20000	6561	4537	3825	3047	2647	2424	2113	2002	1913	1779	1668	1579	1468	1401	1357	1232	1139		
				30000	5716	3959	3358	2647	2313	2113	1846	1757	1668	1557	1468	1379	1268	1223	1201	1076	996		
				40000	5204	3603	3047	2424	2113	1913	1668	1579	1512	1401	1334	1268	1156	1112	1090	978	903		
				60000	4537	3158	2647	2113	1846	1668	1468	1379	1334	1223	1156	1112	1023	979	956	854	787		
				100000	3825	2647	2246	1779	1557	1401	1223	1179	1112	1045	979	934	845	823	801	720	667		
208	40mm	32613	17814	20000	8340	5782	4871	3870	3380	3069	2691	2558	2446	2268	2135	2024	1868	1801	1744	1565			
				30000	7295	5048	4270	3380	2958	2691	2335	2224	2135	1979	1868	1779	1624	1579	1521	1370			
				40000	6628	4581	3870	3069	2691	2446	2135	2024	1935	1801	1690	1601	1468	1423	1378	1245			
				60000	5782	4003	3380	2691	2335	2135	1868	1779	1690	1579	1468	1401	1290	1245	1201	1085			
				100000	4871	3380	2847	2268	1979	1801	1579	1490	1423	1334	1245	1179	1090	1045	1018	916			
209	45mm	35099	19794	20000	8985	6227	5249	4159	3647	3314	2891	2736	2624	2446	2291	2180	2002	1935	1868	1686			
				30000	7851	5449	4581	3647	3180	2891	2535	2402	2291	2135	2002	1913	1757	1690	1632	1472			
				40000	7117	4937	4159	3314	2891	2624	2291	2180	2091	1935	1824	1735	1601	1535	1486	1339			
				60000	6227	4315	3647	2891	2535	2291	2002	1913	1824	1690	1601	1512	1379	1334	1299	1170			
				100000	5249	3647	3169	2446	2135	1935	1690	1601	1535	1423	1334	1268	1179	1134	1099	988			
210	50mm	35099	19794	20000	8985	6227	5249	4159	3647	3314	2891	2736	2624	2446	2291	2180	2002	1931	1868				
				30000	7851	5449	4581	3647	3180	2891	2535	2402	2291	2135	2002	1913	1757	1686	1632				
				40000	7117	4937	4159	3314	2891	2624	2291	2180	2091	1935	1824	1735	1601	1535	1486				
				60000	6227	4315	3647	2891	2535	2291	2002	1913	1824	1690	1601	1512	1379	1339	1299				
				100000	5249	3647	3069	2446	2135	1935	1690	1601	1535	1423	1334	1268	1179	1130	1099				

\*SLIGHT INTERFERENCE FIT REQUIRED WHEN OPERATING TO THE RIGHT OF THE HEAVY LINE OR IN THE SHADED AREA. FOR SC PRODUCT ONLY, OR USE D-LOK OR GT PRODUCTS

## Anexo 7: Ficha técnica de soldadura SMAW, para electrodo 6011

### INDURA 6011 - AWS E-6011

#### Descripción:

El electrodo 6011 posee un revestimiento de tipo celulósico diseñado para ser usado con corriente alterna, pero también se le puede usar con corriente continua, electrodo positivo. La rápida solidificación del metal depositado facilita la soldadura en posición vertical y sobrecabeza. El arco puede ser dirigido fácilmente en cualquier posición, permitiendo altas velocidades de deposición (soldadura).

#### Características:

- Electrodo para soldar aceros dulce o al carbono.
- Toda posición
- Corriente continua, electrodo positivo (CEP)
- Corriente alterna (CA)
- Revestimiento canela (celulósico potásico)
- Punto azul

#### Usos:

Este electrodo es apto para ser utilizado en todas las aplicaciones de soldadura en acero al carbono.

#### Aplicaciones Típicas:

- Cordón de raíz en cañería
- Cañerías de oleoductos
- Reparaciones generales
- Estructuras metálicas
- Planchas galvanizadas
- Embarcaciones
- Estanques
- Obras de Construcción

#### Almacenamiento:

Temperatura ambiente

#### Mantenimiento:

No Recomendado

#### Reacondicionamiento:

No Recomendado



COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,11%
Mn	0,41%
Si	0,23%
P	0,010%
S	0,017%

CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DEL METAL DEPOSITADO	
Límite de Fluencia	424 Mpa
Resistencia a la Tracción	495 Mpa
Agrietamiento en 50 mm	27%
Energía Absorbida	34 J a -30°C

AMPERAJES RECOMENDADOS										
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja
			pulg	mm	pulg	mm	min	max		
2000093	E 6011	E 6011	3/32	2,4	12	300	50	90	74	25
2000094	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	25
2000095	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	24	25
2000096	E 6011	E 6011	3/16	4,8	14	350	160	220	17	25
1030482	E 6011	E 6011	1/8	3,2	14	350	80	120	34	20
1030483	E 6011	E 6011	5/32	4	14	350	110	160	24	20
2000459	E 6011	E 6011 (1Kg)	1/8	3,2	14	350	80	120		25

**CRYOGAS**  
Grupo INDURA

**CETI SERTEC**  
www.ceti.com.co  
SERVICIO TECNICO

artec@cryogas.com.co · ceti@cryogas.com.co · Cryolínea 01 8000 514 300

## Anexo 8: Resultados obtenidos de análisis del capulí



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
OFERTA DE SERVICIOS Y PRODUCTOS

### LABORATORIO DE ALIMENTOS INFORME DE RESULTADOS

INF. LAB. ALI- 27069  
ORDEN DE TRABAJO No 60679

MUESTRA DE:	FRUTA DE CAPULI
DESCRIPCIÓN:	FRUTA DE CAPULI
LOTE:	----
FECHA DE ELABORACIÓN:	----
FECHA DE VENCIMIENTO:	----
FECHA DE RECEPCIÓN:	18/02/2019
HORA DE RECEPCIÓN:	10:30
FECHA DE ANÁLISIS:	19-28/02/2019
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS A LA SECRETARÍA:	06/03/2019
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA</b>	
COLOR:	Característico
OLOR:	Característico
ESTADO:	SOLIDO
Contenido:	250 g
<b>OBSERVACIONES:</b>	
Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.	
MUESTREADO POR:	El Cliente

### INFORME

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	METODO
Proteína (factor 6.25)	%	1.55	MAL-04/ AOAC 981.10
Humedad	%	76.09	MAL-13/ AOAC 925.10
Grasa	%	1.48	MAL-03/ AOAC 991.36
Cenizas	%	0.88	MAL-02/ AOAC 923.03
Carbohidratos	%	20.00	Cálculo
Azúcares Totales	%	8.61	MAL-53/ PEARSON
Acidez (ácido cítrico)	%	0.62	MAL-01/AOAC 947.05
Sólidos Solubles a 20°C	%	19.00	MAL - 51/AOAC 932.14C



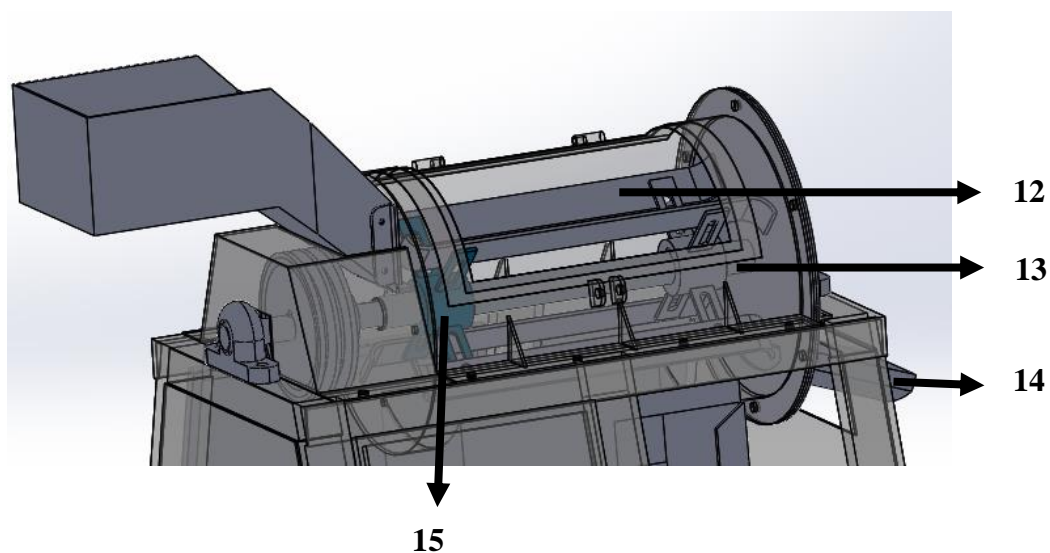
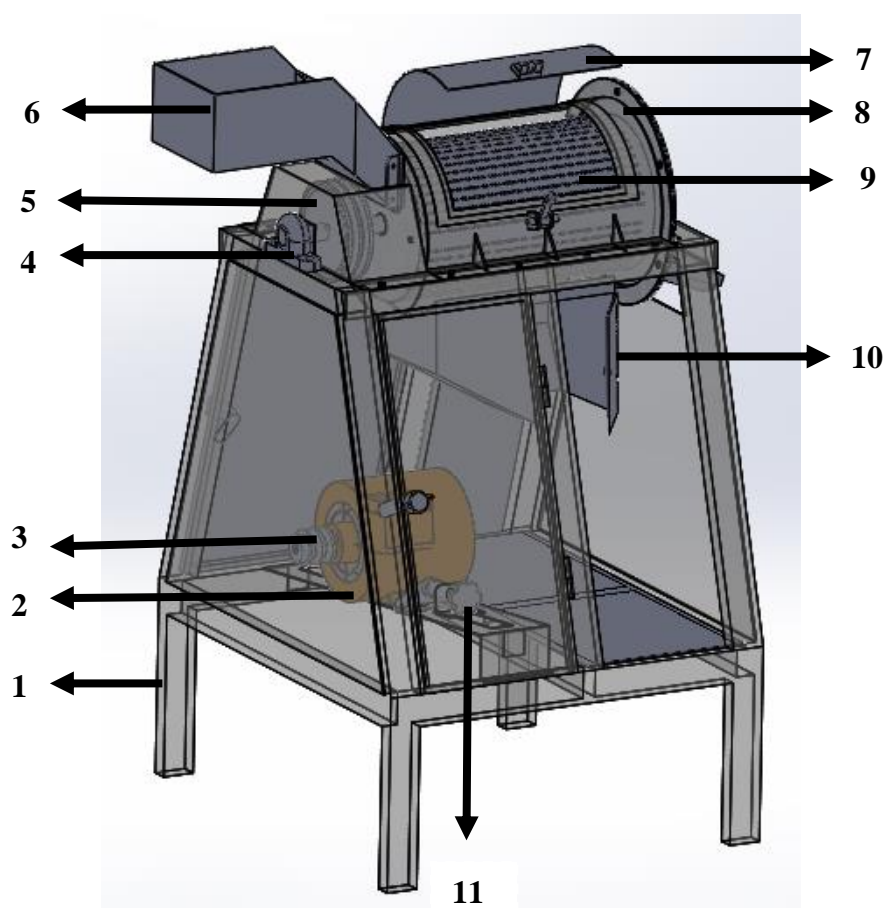
*Dr. Geovany Garófalo*  
Dr. Geovany Garófalo  
JEFE AREA DE ALIMENTOS

RAL-4.1-04

Dirección: Francisco Viteri s/n y Gilberto Gatto Sobral - Teléfonos: 2502-262 / 2502-456, ext. 15, 18, 21, 31, 33  
Telefax: 3216-740 - Web: [www.facquimuce.edu.ec](http://www.facquimuce.edu.ec) - E-mail: [laboratoriososp@hotmail.com](mailto:laboratoriososp@hotmail.com)



## Anexo 9: Partes principales de la despulpadora



1. Mesa – Bastidor

2. Motor

3. Polea de 2"

4. Chumacera de piso

5. Polea de 6"

6. Tolva

7. Tapa carcasa

8. Carcasa

9. Tamiz

10. Bandeja de salida

11. Sistema tensor

12. Paleta

13. Eje

14. Salida carcasa

15. Bocín sujetador

## Anexo 10: Plan de mantenimiento y limpieza

El mantenimiento de los equipos y de la maquinaria se realiza con el único objetivo de consérvalos en un buen estado y así prolongar la vida útil de nuestra máquina.

ROUTINA DIARIA	
<b>Apariencia</b>	Para mantener un buen aspecto físico de la máquina es necesario realizar una sencilla limpieza externa en los alrededores del área de trabajo al igual de las demás partes antes de iniciar la primera parte del trabajo.
Personal Autorizado	Operario
Equipos de protección	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uniforme y zapatos de seguridad</li><li>• Antiparras</li><li>• Protector auditivo</li><li>• Guantes de nitrilo</li></ul>
Materiales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escoba</li><li>• Franela</li></ul>
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Quitar los objetos que no sean de uso necesario de la máquina.</li><li>• Limpiar con la franela toda la zona superficial de la máquina con el fin de eliminar los desechos restantes de los trabajos anteriores o las partículas emitidas por el medio ambiente.</li><li>• Barrer el área de trabajo.</li></ul>	
<b>Sistema Eléctrico</b>	Se debe verificar el funcionamiento de las señales de encendido y apagado
Persona Autorizada	Operario
Equipos de protección	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uniforme y zapatos de seguridad</li><li>• Antiparras</li><li>• Protector auditivo</li></ul>
Materiales	Herramientas que se requiere para dicha operación
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Encender la máquina lo cual es verificar le encendido y apagado</li></ul>	

ROUTINA SEMANAL	
<b>Sistema de transmisión</b>	Verificar la tensión en las bandas para evitar el desgaste y el deterioro de las mismas.
Personal Autorizada	Operario
Equipos de protección	<ul style="list-style-type: none"><li>• Uniforme y zapatos de seguridad</li><li>• Antiparras</li><li>• Protector auditivo</li></ul>
Materiales	<ul style="list-style-type: none"><li>• Escoba</li><li>• Franela</li></ul>
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Desconectar la máquina lo cual se debe observar el manual de procedimiento de encendido y apagado</li><li>• Retirar la guarda de protección de la máquina.</li><li>• Verificar que la tensión de la banda sea adecuada.</li><li>• Observar el estado de la banda.</li></ul>	

ROUTINA MENSUAL	
<b>Revisión completa de los componentes de la máquina</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Verificar el estado de las paletas</li><li>• Verificar el estado del tamiz</li><li>• Verificar el ajuste correcto de los tornillos de ajuste</li><li>• Verificar el funcionamiento del motor</li></ul>

Personal Autorizado	Operario
Equipos de protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniforme y botas de seguridad</li> <li>• Antiparras</li> <li>• Protector auditivo.</li> <li>• Guantes de tela con punta de PVC</li> </ul>
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aceite lubricante</li> <li>• Herramientas de desmontaje</li> </ul>
Procedimiento:	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desconectar la máquina (Ver procedimiento de Encendido -Apagado).</li> <li>• Retira los pernos para desacoplar la tolva y la tapa lateral del despulpador.</li> <li>• Desmontar el tamiz para el estado actual de los componentes en su interior.</li> <li>• Desmontar las paletas y verificar el estado en caso contrario si es necesario cambiarlas para un correcto funcionamiento.</li> </ul>	

## **Anexo 11: Funcionamiento**

Para el correcto funcionamiento de la máquina se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Conectar la máquina despulpadora a la fuente de energía.
2. Verificar que la tapa de la carcasa, puertas de bandeja de salida y laterales se encuentren correctamente cerradas.
3. Encender la máquina para observar que se encuentre funcionando de manera correcta sin presentar algún ruido extraño.
4. Apagar la despulpadora luego de verificar que no exista ningún ruido extraño que pueda afectar a la máquina.
5. Colocar el capulí en la tolva de almacenamiento teniendo en cuenta usar una capacidad de 2 Kg.
6. Poner en funcionamiento la máquina.
7. Empezar a dosificar el capulí parcialmente para que el despulpado sea adecuado.
8. Revisar que el balde donde se recolectará la pulpa se encuentre en la posición correcta para que no exista desperdicio de la misma.
9. Verificar que las semillas sean expulsadas correctamente y no exista una acumulación en la salida de la carcasa, ya que el fruto al poseer una alta viscosidad suele quedar acumulada luego de un buen tiempo de proceso.
10. Una vez finalizada el proceso apagar la máquina y retirar la pulpa con cuidado para no desperdiciar el producto.
11. El paro de emergencia se utilizará para facilitar el apagado de la máquina en caso de que algún elemento extraño ingrese a la despulpadora o presente ruidos extraños.

## **Anexo 12: Imágenes de la máquina y pruebas realizadas**

### **1. Proceso de soldadura de las partes de la despulpadora**



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

### **2. Fabricación del eje**



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja



### 3. Partes principales de la despulpadora

#### a. Tamiz y tolva



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### b. Carcasa



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

#### c. Ensamble del eje junto al bocin y las paletas



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

d. Estructura



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

4. Ensamble y pruebas realizadas de la máquina

a. Montaje del tamiz y la carcasa en la estructura



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

b. Ensamble del eje y motor



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

c. Peso del capulí antes de ser ingresado en la tolva de alimentación



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja

d. Capulí colocado en la tolva antes de empezar la dosificación



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja



e. Proceso de despulpado: pulpa obtenida y desechos de semillas



Elaborado por: Estefanía Paucar y Edwin Borja